

Deckblatt



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Blatt: 1
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAA	AA	NNNN	NN	
9A	56113000				HF	RB	0035	00	Stand: 31.07.2020

Titel der Unterlage:
PARAMETERTESTS DER SPRENG- UND VIBROSEISMISCHEN ANREGUNGEN IM RAHMEN DER 3D-SEISMIK ASSE

Ersteller/Unterschrift:
GEOFIZYKA TORUN S.A.

Prüfer/Unterschrift:

Stempelfeld:

UVST:	bergrechtlich verantwortliche Person:	atomrechtlich verantwortliche Person:	Bereichsleitung:	Freigabe zur Anwendung:
Datum und Unterschrift	Datum und Unterschrift	Datum und Unterschrift	Datum und Unterschrift	Datum und Unterschrift

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der BGE.



PT038555



Stand: 31.07.2020

Blatt: 1

DECKBLATT

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00

Kurztitel der Unterlage:
Parameterterests im Rahmen der 3D-Seismik Asse

Ersteller / Unterschrift:
Geofizyka Torun S.A.

Prüfer / Unterschrift:

Titel der Unterlage:
**Parameterterests der spreng- und vibroseismischen Anregungen
im Rahmen der 3D-Seismik Asse**

Freigabevermerk:

Freigabedurchlauf

Fachbereich:
TEK-GI

Datum:

Name:

Unterschrift

Stabsstelle Qualitätssicherung:

Datum:

Name:

Unterschrift

Endfreigabe:
Bereichsleitung ASE

Datum:

Name:

Unterschrift

REVISIONSBLATT	Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
	NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
	9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00

Kurztitel der Unterlage:
 Parametertests im Rahmen der 3D-SeismikASSE

Rev	Revisionsstand Datum	Verantwortl. Stelle	revidierte Blätter	Kat. *)	Erläuterung der Revision
00	31.07.2020	TEK-GI.4/2		-	Ersterstellung

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur, Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung, Kategorie S = substantielle Änderung.
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests in the context of 3D - Seismic Asses II									Blatt: 3



Inhaltsverzeichnis

Blatt

Deckblatt.....	1
Revisionsblatt	2a
Inhaltsverzeichnis	3
Freigabeblatt.....	10
1 Einleitung	11
2 Parameter test - Sprengseismik	11
2.1 Messgeometrie, Anregungs- und Empfangsparameter.....	13
2.2 Testprogramm	15
2.3 Ergebnisse und Parameterauswahl	18
2.3.1 Test der Ladungsmenge.....	18
2.3.2 Test der Ladungsteufe (Bohrteufe)	19
2.3.3 Weitere Analysen	20
2.4 Erschütterungsmessungen	61
3 Parameter test - Vibroseismik	65
3.1 Messgeometrie, Anregungs- und Empfangsparameter.....	65
3.2 Testprogramm	67
3.3 Ergebnisse und Parameterauswahl	70
3.3.1 Test der Anregungskraft	70
3.3.2 Test der Startfrequenz.....	76
3.3.3 Test der Endfrequenz	78
3.3.4 Analyse des Amplitudenspektrums	87
3.3.5 Slip-Sweep-Verfahren.....	89
3.3.6 2D-seismische Testprofile	103
3.4 Erschütterungsmessungen.....	108
4 Literaturverzeichnis	112

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Erschütterungsmessungen.....	113
Anhang 2: Memorandum über die ausgewählten Regeln für Bohrteufen.....	115
Anhang 3: Memorandum: Parameter für die Vibroseis-Datenaufzeichnung	116
Anhang 4: Allgemeine technische Parameter der InstanTel Micromate Messgeräte	117
Anhang 5: Kalibrierzertifikat des Messgeräts InstanTel Micromate S/N UM10492	118

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Parameter der aktiven Auslage	13
Tabelle 2: Aufzeichnungsparameter.....	13
Tabelle 3: Grundlegende sprengseismische Anregungsparameter	14
Tabelle 4: Parameter des sprengseismischen Parametertests und Zuordnung der Abbildungen (a: Datenbeispiele, b: Spektralanalysen) zu den Testergebnissen	16
Tabelle 5: Umriss des Untersuchungsfensters der Spektralanalyse für die Anregungslinie 9100... 38	
Tabelle 6: Umriss des Untersuchungsfensters der Spektralanalyse für die Anregungslinie 9200... 39	
Tabelle 7: Umriss des Untersuchungsfensters der Spektralanalyse für die Anregungslinie 9300... 40	
Tabelle 8: Umriss des Untersuchungsfensters der Spektralanalyse für die Anregungslinie 9100... 52	
Tabelle 9: Umriss des Untersuchungsfensters der Spektralanalyse für die Anregungslinie 9200... 53	
Tabelle 10: Messprogramm und Ergebnisse der Erschütterungsmessungen.....	63
Tabelle 11: Mindestabstände zu ausgewählten Bauten für sprengseismische Anregungen	64
Tabelle 12: Grundlegende vibroseismische Anregungsparameter	66
Tabelle 13: Parameter des vibroseismischen Parametertests.....	67
Tabelle 14: Reihenfolge der Anregungspunkte bei der Durchführung des Slip-Sweep-Tests	68
Tabelle 15: Testprogramm der Erschütterungsmessungen.....	110
Tabelle 16: Mindestabstände zu ausgewählten Bauten	111

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II									Blatt: 4



Abbildungsverzeichnis


Abbildung 1: Verlauf der Empfängerlinie (blaue Linie) und Lokationen der Anregungspunkte (rote Punkte) im Messgebiet der 3D-Seismik Asse (schwarze Umrandung) beim sprengseismischen Parametertest	12
Abbildung 2: Schematische Darstellung der Positionen der 11 Anregungspunkte auf der Anregungslinie 9300	14
Abbildung 3: Typisches Beispiel einer seismischen Aufzeichnung mit Oberflächenwellen, reflektierten Wellen und Ersteinsätzen von refraktierten Wellen bei sprengseismischer Anregung	21
Abbildung 4: Aufzeichnung FFID 1001, Anregungslinie 9300, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 250 g.....	21
Abbildung 5: Aufzeichnung FFID 1002, Anregungslinie 9300, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 440 g.....	22
Abbildung 6: Aufzeichnung FFID 1003, Anregungslinie 9300, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 970 g.....	22
Abbildung 7: Aufzeichnung FFID 1004, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 220 g.....	23
Abbildung 8: Aufzeichnung FFID 1005, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 480 g.....	23
Abbildung 9: Aufzeichnung FFID 1006, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 660 g.....	24
Abbildung 10: Aufzeichnung FFID 1007, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 970 g.....	24
Abbildung 11: Aufzeichnung FFID 1008, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 220 g.....	25
Abbildung 12: Aufzeichnung FFID 1009, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 485 g.....	25
Abbildung 13: Aufzeichnung FFID 1010, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung von 15 m Teufe, Gesamtladung 660 g.....	26
Abbildung 14: Aufzeichnung FFID 1011, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung von 15 m Teufe, Gesamtladung 970 g.....	26
Abbildung 15: Aufzeichnung FFID 1012, Anregungslinie 9200, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 250 g.....	27
Abbildung 16: Aufzeichnung FFID 1013, Anregungslinie 9200, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 440 g.....	27
Abbildung 17: Aufzeichnung FFID 1014, Anregungslinie 9200, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 970 g.....	28
Abbildung 18: Aufzeichnung FFID 1015, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 220 g.....	28
Abbildung 19: Aufzeichnung FFID 1016, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 485 g.....	29
Abbildung 20: Aufzeichnung FFID 1017, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 660 g.....	29
Abbildung 21: Aufzeichnung FFID 1018, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 970 g.....	30
Abbildung 22: Aufzeichnung FFID 1019, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 220 g.....	30
Abbildung 23: Aufzeichnung FFID 1020, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 485 g.....	31
Abbildung 24: Aufzeichnung FFID 1021, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 660 g.....	31
Abbildung 25: Aufzeichnung FFID 1022, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung von 15 m Teufe, Gesamtladung 970 g.....	32
Abbildung 26: Aufzeichnung FFID 1023, Anregungslinie 9100, Dublette von 6 m Teufe, Gesamtladung 250 g.....	32

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests in the context of 3D - Seismic Asse II									Blatt: 5



Abbildung 27: Aufzeichnung FFID 1024, Anregungslinie 9100, 2 Löcher 6 m Teufe, Gesamtladung 440 g	33
Abbildung 28: Aufzeichnung FFID 1025, Anregungslinie 9100, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 970 g.....	33
Abbildung 29: Aufzeichnung FFID 1026, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 220 g.....	34
Abbildung 30: Aufzeichnung FFID 1027, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 485 g.....	34
Abbildung 31: Aufzeichnung FFID 1028, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 660 g.....	35
Abbildung 32: Aufzeichnung FFID 1029, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 970 g.....	35
Abbildung 33: Aufzeichnung FFID 1030, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 220 g.....	36
Abbildung 34: Aufzeichnung FFID 1031, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 480 g.....	36
Abbildung 35: Aufzeichnung FFID 1032, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 660 g.....	37
Abbildung 36: Aufzeichnung FFID 1033, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 15 m Tiefe, Gesamtladung 970 g.....	37
Abbildung 37: Spektralanalysefenster (schwarze Kontur) für die Anregungslinie 9100	38
Abbildung 38: Spektralanalysefenster (schwarzer Umriss) für die Anregungslinie 9200.....	39
Abbildung 39: Spektralanalysefenster (schwarzer Umriss) für die Anregungslinie 9300.....	40
Abbildung 40: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Dublette von 6 m Teufe auf der Anregungslinie 9100.....	41
Abbildung 41: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 9 m Teufe auf der Anregungslinie 9100	41
Abbildung 42: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 15 m Teufe auf der Anregungslinie 9100	42
Abbildung 43: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 220 g auf der Anregungslinie 9100	42
Abbildung 44: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 440 g bzw. 485 g auf der Anregungslinie 9100	43
Abbildung 45: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 660 g auf der Anregungslinie 9100	43
Abbildung 46: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 970 g auf der Anregungslinie 9100	44
Abbildung 47: Spektralanalyse von unterschiedlichen Ladungsmengen für die Anregung aus einer Dublette von 6 m Teufe auf der Anregungslinie 9200.....	44
Abbildung 48: Spektralanalyse unterschiedlichen Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 12 m Teufe auf der Anregungslinie 9200	45
Abbildung 49: Spektralanalyse unterschiedlichen Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 15 m Teufe auf der Anregungslinie 9200	45
Abbildung 50: Spektralanalyse unterschiedlicher Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 220 g auf der Anregungslinie 9200	46
Abbildung 51: Spektralanalyse unterschiedlichen Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 440 g bzw. 485 g auf der Anregungslinie 9200	46
Abbildung 52: Spektralanalyse unterschiedlicher Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 660 g auf der Anregungslinie 9200	47
Abbildung 53: Spektralanalyse unterschiedlicher Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 970 g auf der Anregungslinie 9200	47
Abbildung 54: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Dublette von 6 m Teufe auf der Anregungslinie 9300.....	48
Abbildung 55: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 12 m Teufe auf der Anregungslinie 9300	48

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	JA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**


Parameter tests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II	Blatt: 6
--	----------

Abbildung 56: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 15 m Teufe auf der Anregungslinie 9300	49
Abbildung 57: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 220 g auf der Anregungslinie 9300	49
Abbildung 58: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 440 g bzw. 485 g auf der Anregungslinie 9300	50
Abbildung 59: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 660 g auf der Anregungslinie 9300	50
Abbildung 60: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 970 g auf der Anregungslinie 9300	51
Abbildung 61: Spektralanalysefenster (schwarzer Umriss) für die Anregungslinie 9100.....	52
Abbildung 62: Spektralanalysefenster (schwarzer Umriss) für die Anregungslinie 9200.....	53
Abbildung 63: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Dublette von 6 m Teufe auf der Anregungslinie 9100.....	54
Abbildung 64: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 9 m Teufe auf der Anregungslinie 9100	54
Abbildung 65: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 15 m Teufe auf der Anregungslinie 9100	55
Abbildung 66: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 220 g auf der Anregungslinie 9100	55
Abbildung 67: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 440 g bzw. 485 g auf der Anregungslinie 9100	56
Abbildung 68: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 660 g auf der Anregungslinie 9100	56
Abbildung 69: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 970 g auf der Anregungslinie 9100	57
Abbildung 70: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Dublette von 6 m Teufe auf der Anregungslinie 9200.....	57
Abbildung 71: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 9 m Teufe auf der Anregungslinie 9200	58
Abbildung 72: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 15 m Teufe auf der Anregungslinie 9100	58
Abbildung 73: Spektralanalyse von verschiedenen Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 220 g auf der Anregungslinie 9200	59
Abbildung 74: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 440 g bzw. 480 g auf der Anregungslinie 9200	59
Abbildung 75: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 660 g auf der Anregungslinie 9200	60
Abbildung 76: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 970 g auf der Anregungslinie 9200	60
Abbildung 77: Lokation der Erschütterungsmessungen nahe der Anregungslinie 9100 (PPV1, links) und der Anregungslinie 9200 (PPV2, rechts)	62
Abbildung 78: Verlauf der Empfängerlinie (blaue Linie) und Lokationen der Anregungspunkte (rote Punkte) im Messgebiet der 3D-Seismik Asse (schwarze Umrandung) beim vibroseismischen Parametertest. Es sind außerdem die Anregungspunkte des sprengseismischen Parametertest abgebildet (braune Punkte).....	66
Abbildung 79: Reihenfolge der Durchführung der Punkte beim Slip-Sweep-Test. Die Testparameter für jede Sequenz sind Tabelle 14 aufgeführt.....	69
Abbildung 80: Aufnahme FFID 99, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 80% Kraft.....	71
Abbildung 81: Aufnahme FFID 101, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 70% Kraft.....	71
Abbildung 82: Aufnahme FFID 103, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 60% Kraft.....	72

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II									Blatt: 7



Abbildung 83: Aufnahme FFID 105, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 50% Kraft.....	72
Abbildung 84: Aufnahme FFID 107, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 40% Kraft.....	73
Abbildung 85: Aufnahme FFID 109, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 30% Kraft.....	73
Abbildung 86: Aufnahme FFID 111, Einzelpunkt, 2 Vibratoren, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 80% Kraft.....	74
Abbildung 87: Aufnahme FFID 113, Einzelpunkt, 3 Vibratoren, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 80% Kraft.....	74
Abbildung 88: Aufnahme FFID 117, Einzelpunkt, 4 Vibratoren, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 80% Kraft.....	75
Abbildung 89: Aufnahme FFID 119, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 3 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 80% Kraft.....	76
Abbildung 90: Aufnahme FFID 121, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 8 – 120 Hz, linearer Sweep, 80% Kraft.....	77
Abbildung 91: Aufnahme FFID 123, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 10 – 120 Hz, linearer Sweep, 80% Kraft.....	77
Abbildung 92: Aufnahme FFID 125, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 12 – 120 Hz, linearer Sweep, 80% Kraft.....	78
Abbildung 93: Aufnahme FFID 127, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 10 – 150 Hz, linearer Sweep, 80% Kraft.....	79
Abbildung 94: Aufnahme FFID 129, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 14 – 144 Hz, linearer Sweep, 80% Kraft.....	79
Abbildung 95: Aufnahme FFID 131, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 135 Hz, benutzerdefinierter Sweep, 80% Kraft.....	80
Abbildung 96: Aufnahme FFID 133, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 150 Hz, benutzerdefinierter Sweep, 80% Kraft.....	80
Abbildung 97: Aufnahme FFID 335, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdefinierter Sweep, 80% Kraft.....	81
Abbildung 98: Aufnahme FFID 133, Durchlass aller Frequenzen.....	81
Abbildung 99: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 45-50-60-70 Hz.....	82
Abbildung 100: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 55-60-70-80 Hz.....	82
Abbildung 101: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 65-70-80-90 Hz.....	83
Abbildung 102: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 75-80-90-100 Hz.....	83
Abbildung 103: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 85-90-100-110 Hz.....	84
Abbildung 104: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 95-100-110-120 Hz.....	84
Abbildung 105: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 105-110-120-130 Hz.....	85
Abbildung 106: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 115-120-130-140 Hz.....	85
Abbildung 107: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 125-130-140-150 Hz.....	86
Abbildung 108: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 135-140-150-160 Hz.....	86
Abbildung 109: Spektralanalysefenster (schwarzer Rahmen) für alle vibroseismischen Anregungspunkte des Parametertests.....	87
Abbildung 110: Spektralanalyse von verschiedenen Startfrequenzen des Sweeps.....	88
Abbildung 111: Spektralanalyse von verschiedenen Endfrequenzen des Sweeps.....	88
Abbildung 112: Spektralanalyse des Sweeps von 2013 (rote Linie) im Vergleich zum ausgewählten Sweep der 3D-Seismik 2020 (blaue Linie).....	89
Abbildung 113: Anregung des 60 s langen benutzerdefinierten Sweeps im Frequenzbereich von 5 Hz bis 120 Hz von einem Vibrator ohne Slip-Sweep-Modus.....	91
Abbildung 114: Anregung des 60 s langen benutzerdefinierten Sweeps im Frequenzbereich von 5 Hz bis 120 Hz von drei Vibratoren im Slip-Sweep-Verfahren mit einer Slip-Zeit von 26 s.....	91
Abbildung 115: Linkes Fenster: f-t-Darstellung der Grundmode und höherer Moden zweier zeitversetzter Sweeps vor der Korrelation. Die Registrierzeit des 1. Sweeps ist Gelb hinterlegt. Rechtes Fenster: f-t-Darstellung der Grundmode des erstes Sweeps mit Registrierzeit (gelb) und Grundmode sowie höherer Moden des 2 Sweeps nach der Korrelation (schwarze Linie: Grundmode	

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AAANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II	Blatt: 8
--	----------

des Sweeps, blaue Linie: 1. Oberschwingung, grüne Linie: 2. Oberschwingung, Rote Linie: 3. Oberschwingung)..... 92

Abbildung 116: Aufzeichnung FFID 313, aufgezeichnet im Slip-Sweep-Modus ohne Entfernung des harmonischen Rauschens..... 93

Abbildung 117: Aufzeichnung FFID 313 – Harmonisches Rauschen 93

Abbildung 118: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 1,4 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 3000 m/s, Taper-Länge 500 Samples..... 94

Abbildung 119: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 1,4 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 3000 m/s, Taper-Länge 500 Samples..... 94

Abbildung 120: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 1,4 s, Verschiebungszeit -0,2 s, Zielgeschwindigkeit 3000 m/s, Taper-Länge 500 Samples 95

Abbildung 121: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 1,4 s, Verschiebungszeit -0,2 s, Zielgeschwindigkeit 3000 m/s, Taper-Länge 500 Samples..... 95

Abbildung 122: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 1,4 s, Verschiebungszeit 0,2 s, Zielgeschwindigkeit 3000 m/s, Taper-Länge 500 Samples..... 96

Abbildung 123: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 1,4 s, Verschiebungszeit 0,2 s, Zielgeschwindigkeit 3000 m/s, Taper-Länge 500 Samples..... 96

Abbildung 124: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,75 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 2300 m/s, Taper-Länge 200 Samples..... 97

Abbildung 125: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,75 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 2300 m/s, Taper-Länge 200 Samples..... 97

Abbildung 126: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,6 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 2200 m/s, Taper-Länge 200 Samples..... 98

Abbildung 127: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,6 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 2200 m/s, Taper-Länge 500 Samples..... 98

Abbildung 128: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,6 s, Verschiebungszeit -0,3 s, Zielgeschwindigkeit 2200 m/s, Taper-Länge 200 Samples 99

Abbildung 129: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,6 s, Verschiebungszeit -0,3 s, Zielgeschwindigkeit 2200 m/s, Taper-Länge 200 Samples..... 99

Abbildung 130: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,5 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 2200 m/s, Taper-Länge 200 Samples..... 100

Abbildung 131: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,5 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 2200 m/s, Taper-Länge 200 Samples..... 100

Abbildung 132: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,1 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 4500 m/s, Taper-Länge 100 Samples..... 101

Abbildung 133: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,1 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 4500 m/s, Taper-Länge 100 Samples..... 101

Abbildung 134: Spektralanalysefenster (schwarzer Umriss) für den Test zur Entfernung des harmonischen Rauschens..... 102

Abbildung 135: Spektralanalyse der Aufzeichnung FFID 313 im ausgewählten Fenster für den Test zur Entfernung des harmonischen Rauschens: Ohne Entfernung des harmonischen Rauschens (Lila Linie), mit Entfernung des harmonischen Rauschens bei einer Zielzeit von 1400 ms (Blaue Linie), mit Entfernung des harmonischen Rauschens bei einer Zielzeit von 750 ms (Braun gestrichelte Linie), mit Entfernung des harmonischen Rauschens bei einer Zielzeit von 0,01 ms (Rot gepunktete Linie), Spektrum des harmonischen Rauschens (Grün gepunktete Linie)..... 102

Abbildung 136: Beispiel für Rohdatensätze, A: FFID 143, Sweep 5 – 120 Hz, B: FFID 291, Sweep 10 – 150 Hz 104


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameterterests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II									Blatt: 9

Abbildung 137: Beispiel für Datensätze nach Dämpfung der Oberflächenwellen, A - FFID 143, Sweeps 5 – 120 Hz, B - FFID 291, Sweep 10 – 150 Hz..... 104

Abbildung 138: Beispiel für Aufzeichnungen nach Entfernung von Signalspitzen und Amplitudenanomalien, A - FFID 143, Sweep 5 – 120 Hz, B - FFID 291, Sweeps 10 – 150 Hz.... 104

Abbildung 139: Beispiel für Aufzeichnungen nach oberflächenkonsistenter Dekonvolution, A - FFID 143, Sweep 5 – 120 Hz, B - FFID 291, Sweep 10 – 150 Hz..... 105

Abbildung 140: Höhenstatik der Anregungspunkte in ms 105

Abbildung 141: Höhenstatik der Empfängerpunkte in ms..... 105

Abbildung 142: Beispiel für eine Geschwindigkeitsanalyse am CDP 14280 106

Abbildung 143: Stapelung mit Höhenstatik, A - Sweep 5 – 120 Hz, B - Sweep 10 – 150 Hz 107

Abbildung 144: Stapelung mit Höhenstatik und Reststatik, A - Sweep 5 - 120 Hz, Sweep B - 10 – 150 Hz 107

Abbildung 145: Position der Schwingungsmessungstests..... 109

Abbildung 146: Drei-Komponenten-Geophon mit und ohne Spitzen zur Aufstellung 110

Anzahl der Blätter dieses Dokumentes 118

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests in the framework of 3D - Seismik Asse II									BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
									Blatt: 10

Freigabeblatt



Auftraggeber (AG): BGE mbH (Schachanlage Asse II)
Am Walde 2
38319 Remlingen

Auftragnehmer (AN): Geofizyka Toruń S.A
Chrobrego 50
87-100 Toruń, Poland
+48 566593101

Bestell-Nr. (AG): 45172450
Auftrag-Nr. (AN): 18175

Toruń, 08.07.2020




Direktor, Seismische Datenakquisition



Berichtersteller

Übersetzung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II									Blatt: 11

1 Einleitung

Im Rahmen der 3D-Seismik Asse wurden vom seismischen Messtrupp DE-24 der Geofizyka Toruń S.A. (GT) am 04.10.2019 für die Sprengseismik und am 13.01.2020 für die Vibroseismik Parameter tests zur Festlegung der optimalen Anregungsparameter durchgeführt. Die Registrierung der jeweiligen Testanregungen erfolgte auf einem extra dafür aufgebauten Messprofil, das auf der Südseite des Messgebiets etwa senkrecht zur Streichrichtung der Salzstruktur ausgerichtet war. Beim Parameter test für die Sprengseismik wurden Ladungsmengen zwischen 220 g und 970 g in Einzelbohrungen mit 9 m und 15 m sowie in Bohrungs-Dubletten mit 6 m Tiefe getestet. Beim Parameter test für die Vibroseismik wurden die Start- und Endfrequenz des Anregungssignals (Sweep) sowie die Kraft der Vibratoren getestet. Kurze 2D-seismische Profile mit unterschiedlichen Sweeps ergänzten den Parameter test. Außerdem wurde die Funktionsweise des Slip-Sweep-Verfahrens untersucht.

Die bei den spreng- und vibroseismischen Parameter tests eingesetzten Messgeräte wurden im Vorfeld des jeweiligen Tests in einem von der Firma Verif-i durchgeführten technischen Audit geprüft. Die Prüfungsergebnisse bestätigten die Einsatzbereitschaft der Messgeräte [3].

Im Ergebnis des Parameter tests für die Sprengseismik wurde die reguläre Ladungsmenge auf 970 g festgelegt, wobei im Umfeld von Gebäuden, Grundwassermessstellen, Bohrungen, Schächten oder Gewässern die Ladungsmengen entfernungsabhängig zu reduzieren waren. Im Ergebnis des Parameter tests für die Vibroseismik wurde das Frequenzband des Sweeps auf 5 Hz bis 120 Hz und die reguläre Anregungskraft auf 70% der Maximalkraft festgelegt. Dabei war zu berücksichtigen, dass im Umfeld von Gebäuden, unter Beibehaltung der anderen Anregungsparameter, die Anregungskraft zu reduzieren war.

2 Parameter test - Sprengseismik

Ziel des am 04.10.2019 durchgeführten sprengseismischen Parameter tests war es, die optimale Bohrteufe und Ladungsmenge für die seismische Datenerfassung bei einer Anregung durch Sprengstoffquellen zu bestimmen.

Das sprengseismische Testprogramm wurde auf drei kurzen Linien mit Anregungspunkten in der zentralen, südlichen Hälfte des Messgebiets der 3D-Seismik Asse entlang einer Empfängerlinie durchgeführt (Abbildung 1). Die Anregungslinien 9100 und 9200 befanden sich über der Salz-Struktur im Asse-Wald, wo, bei stark variierender oberflächennaher Geologie, auch die Hauptanzahl der sprengseismischen Anregungspunkte der 3D-Seismik lagen. Die Anregungslinie 9300 befand sich am südlichen Rand des Messgebiets, wo die seismische Datenakquisition mit vibroseismischer Anregung durchgeführt wird. Allerdings wurden bei einer Anregung auf dieser Linie sicher gut erkennbare Reflexionen aus dem Deckgebirge erwartet, so dass dies für Tests zur Beurteilung der Auswirkung unterschiedlicher Anregungsparameter auf die Datenqualität eine geeignete Lokation darstellte.

Die Bohrungen für den sprengseismischen Parameter test wurden am 01.10.2019 abgeteuft und am 02.10.2019 geladen. Auf jeder der drei kurzen Anregungslinien wurden 11 Anregungspunkte mit unterschiedlicher Bohrtiefe, Ladungsmenge und Anzahl der Bohrlöcher vorbereitet (Kapitel 2.2).


Folgende Personen waren bei dem sprengseismischen Parameter test vor Ort:

Für den Auftraggeber:

- [REDACTED] (Fremdbauüberwachung)

Von Geofizyka Toruń:

- [REDACTED] (Abteilung für seismische Datenerfassung)

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II	Blatt: 12
--	-----------

- [redacted] (Abteilung für seismische Datenerfassung)
- [redacted] (Truppleiter)
- Mannschaft vom Messtrupp DE-24

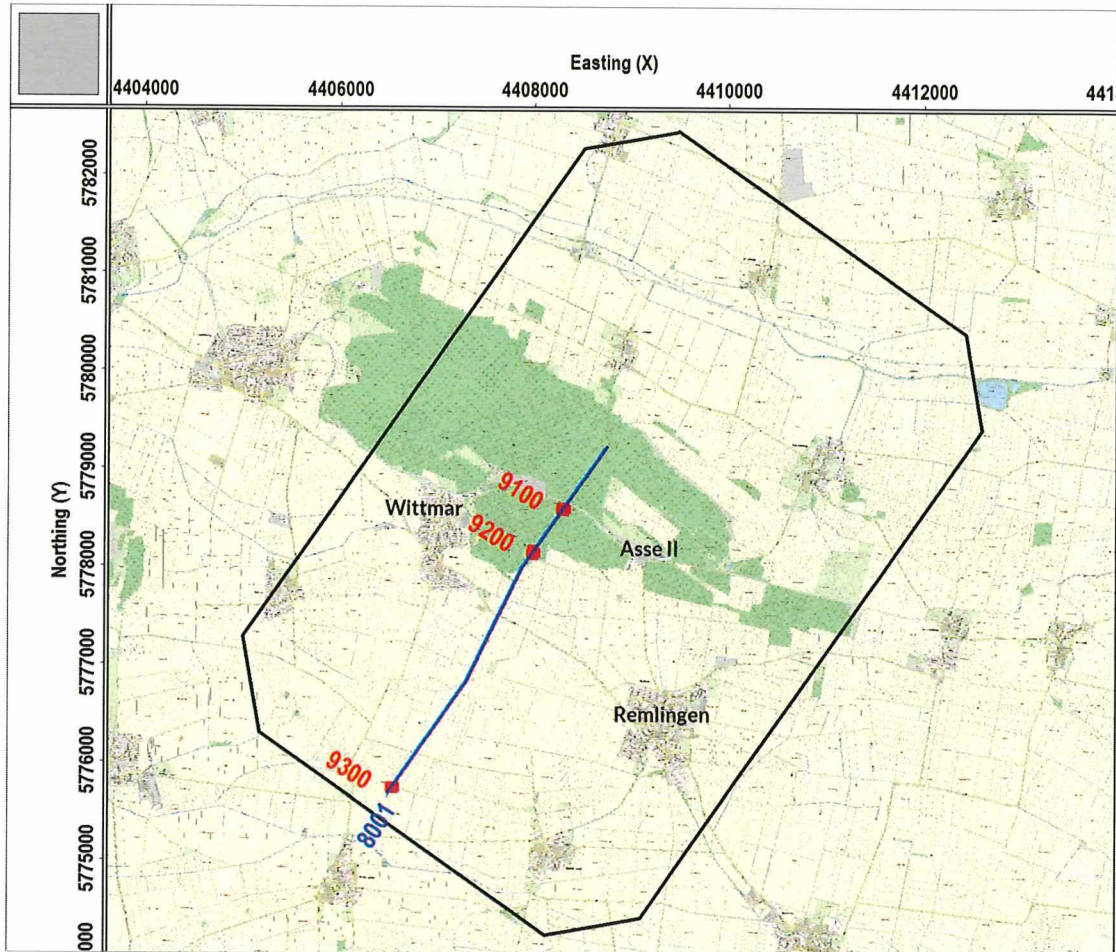


Abbildung 1: Verlauf der Empfängerlinie (blaue Linie) und Lokationen der Anregungspunkte (rote Punkte) im Messgebiet der 3D-Seismik Asse (schwarze Umrandung) beim sprengseismischen Parameter test

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II									Blatt: 13

2.1 Messgeometrie, Anregungs- und Empfangsparameter


Die Aufzeichnung für jeden Anregungspunkt erfolgte auf einer Empfängerlinie mit 210 aktiven Kanälen im Abstand von jeweils 20 m. Als Messapparatur wurden die gleichen kabellosen Registriereinheiten mit Einzelgeophonen (5 Hz Eigenfrequenz) verwendet, die auch bei der 3D-Seismik zu Einsatz kamen. Die für den sprengseismischen Parametertest angewendeten Auslage-, Aufzeichnungs- und Anregungsparameter sind in Tabelle 1, Tabelle 2 und Tabelle 3 aufgeführt. Außerdem ist in Abbildung 2 die Lage der 11 Anregungspunkte einer Anregungslinie schematisch dargestellt.

Tabelle 1: Parameter der aktiven Auslage

Methodische Parameter		
Auslage	Anzahl aktiver Linien	1
	Anzahl aktiver Kanäle pro Linie	210
	Art der Messgeometrie	Festauslage, alle Kanäle aktiv
	Empfangspunktintervalle	20 m
	Minimaler Offset	10 m
	Maximaler Offsetbereich *	~ 2900 – 4200m
Beschreibung: *) Für alle Anregungspunkte war dieselbe Empfängerlinie aktiv. Der maximale Offset von 2900 m wurde für die Anregungslinie 9200 und der Wert von 4200 m für die Anregungslinie 9300 erreicht.		

Tabelle 2: Aufzeichnungsparameter

Aufzeichnungsparameter	
Aufzeichnungssystem	Innoseis Tremornet mit integriertem 5-Hz-Geophon
Aufzeichnungslänge	4 s
Abtastrate	1 ms
Hochpass (Anti-Aliasing)	0,8 Nyquist minimalphasig
Kerb-Filter	Aus
Tiefpass	Aus
Polarität	Gemäß SEG Normal Standard
Format Standard	SEG-D
Verstärkung - seismische Kanäle	12 dB
Verstärkung - Hilfskanäle	0 dB

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asses II

Blatt: 14

Tabelle 3: Grundlegende sprengseismische Anregungsparameter

Anregungsparameter	Wert
Quellenart	Sprengstoff
Anzahl der Bohrlöcher pro Anregungspunkt	1 oder 2
Lochmuster	Einzelbohrung oder Dublette mit linearer Anordnung
Loch zu Loch Abstand bei Dublette	3 m
Bohrteufe	2 x 6 m, 9 m, 15 m
Ladungsmenge pro Anregungspunkt	220 g – 970 g

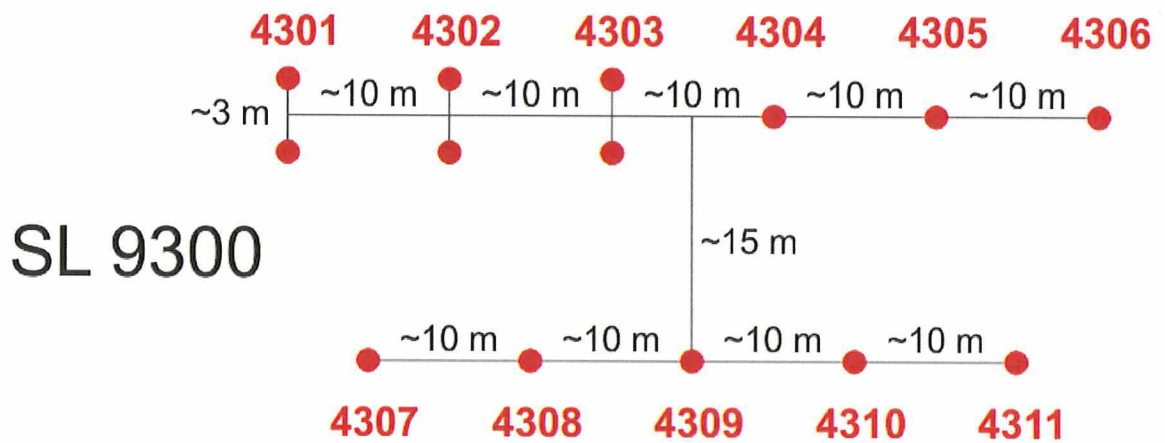


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Positionen der 11 Anregungspunkte auf der Anregungslinie 9300

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asses II									BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
									Blatt: 15


2.2 Testprogramm

Für jede der drei Anregungslinien wurden während des sprengseismischen Parameter tests die Daten von 11 Anregungspunkten aufgezeichnet. Dabei wurden Ladungsmengen zwischen 220 g und 970 g in Einzelbohrungen mit 9 m und 15 m sowie in Bohrungs-Dubletten mit 6 m Teufe getestet. Die Liste der Testparameter und der zugehörigen FFID-Nummern (Field File Identification Number) sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 4: Parameter des sprengseismischen Parametertests und Zuordnung der Abbildungen (a: Datenbeispiele, b: Spektralanalysen) zu den Testergebnissen

Nr.	FFID	Anregungs- linie	Anregungs- punkt	Lochanzahl / Bohrteufe [m]	Ladungsmenge [g]	Zeitpunkt [UTC - Zeit]	Aufzeit [ms]	Lithologie	Abbildung Nr.	
									a	b
1	1001	9300	4301	2 x 6	250 (2 x 125)	07:19:20	13,5	Lehm, roter Ton	4	54 57
2	1002	9300	4302	2 x 6	440 (2 x 220)	07:28:10	13,0	Ton, roter Ton	5	54 58
3	1003	9300	4303	2 x 6	970 (2 x 485)	07:34:30	13,0	Ton, roter Ton	6	54 60
4	1004	9300	4304	1 x 9	220 (1 x 220)	07:45:25	17,0	Ton, Schiefer, harte Formation	7	55 57
5	1005	9300	4305	1 x 9	485 (1 x 485)	07:48:45	16,0	Ton, harte Formation	8	55 58
6	1006	9300	4306	1 x 9	660 (3 x 220)	07:54:45	15,5	Ton, Ton und Kalkstein	9	55 59
7	1007	9300	4307	1 x 9	970 (2 x 485)	08:00:15	12,5	Ton, roter Ton	10	55 60
8	1008	9300	4308	1 x 15	220 (1 x 220)	08:04:55	16,5	Ton, roter Ton	11	56 57
9	1009	9300	4309	1 x 15	485 (1 x 485)	08:07:55	18,0	Ton, roter Ton	12	56 58
10	1010	9300	4310	1 x 15	660 (3 x 220)	08:10:40	17,5	Ton, roter Ton	13	56 59
11	1011	9300	4311	1 x 15	970 (2 x 485)	08:14:50	14,0	Ton, Schiefer	14	56 60
12	1012	9200	4201	2 x 6	250 (2 x 125)	08:52:55	10,5	Ton, roter Ton	15	47 50 63 66
13	1013	9200	4202	2 x 6	440 (2 x 220)	08:58:15	11,5	Ton, roter Ton	16	47 51 63 67
14	1014	9200	4203	2 x 6	970 (2 x 485)	09:00:45	12,0	Ton, roter Ton	17	47 53 63 69
15	1015	9200	4204	1 x 9	220 (1 x 220)	09:03:10	11,5	Ton, roter Ton	18	48 50 64 66
16	1016	9200	4205	1 x 9	485 (1 x 485)	09:05:20	11,5	Ton, roter Ton	19	48 51 64 67
17	1017	9200	4206	1 x 9	660 (3 x 220)	09:07:25	13,0	Ton, roter Ton	20	48 52 64 68
18	1018	9200	4207	1 x 9	970 (2 x 485)	09:12:55	15,0	Roter Ton	21	48 53 64 69
19	1019	9200	4208	1 x 15	220 (1 x 220)	09:15:05	18,0	Ton, harte Formation, roter Ton	22	49 50 65 66
20	1020	9200	4209	1 x 15	485 (1 x 485)	09:18:45	18,0	Roter Ton	23	49 51 65 67
21	1021	9200	4210	1 x 15	660 (3 x 220)	09:21:35	20,0	Ton, harte Formation, roter Ton	24	49 52 65 68
22	1022	9200	4211	1 x 15	970 (2 x 485)	09:23:50	19,5	Ton, roter Ton	25	49 53 65 69

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parametertests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II

Blatt: 17

Nr.	FFID	Anregungs- linie	Anregungs- punkt	Lochzahl / Bohrteufe [m]	Ladungsmenge [g]	Zeitpunkt [UTC - Zeit]	Aufzeit [ms]	Lithologie	Abbildung Nr.				
									a	b			
23	1023	9100	4101	2 x 6	250 (2 x 125)	09:47:05	9,0	Ton, harte Formation	26	40	43	70	73
24	1024	9100	4102	2 x 6	440 (2 x 220)	09:50:15	9,0	Ton, harte Formation	27	40	44	70	74
25	1025	9100	4103	2 x 6	970 (2 x 485)	09:52:35	8,5	Ton, harte Formation	28	40	46	70	76
26	1026	9100	4104	1 x 9	220 (1 x 220)	09:55:55	8,0	Ton, roter Ton, Mergel	29	41	43	71	73
27	1027	9100	4105	1 x 9	485 (1 x 485)	09:58:15	11,5	Ton, roter Ton, Mergel	30	41	44	71	74
28	1028	9100	4106	1 x 9	660 (3 x 220)	10:00:40	12,5	Ton, roter Ton, Mergel	31	41	45	71	75
29	1029	9100	4107	1 x 9	970 (2 x 485)	10:07:45	9,0	Ton, Schiefer, hart Formation	32	41	46	71	76
30	1030	9100	4108	1 x 15	220 (1 x 220)	10:10:50	13,0	Ton, Schiefer, harte Formation	33	42	43	72	73
31	1031	9100	4109	1 x 15	485 (1 x 485)	10:14:15	16,0	Ton, Schiefer, harte Formation	34	42	44	72	74
32	1032	9100	4110	1 x 15	660 (3 x 220)	10:18:45	12,5	Ton, Schiefer, Kalkstein, harte Formation	35	42	45	72	75
33	1033	9100	4111	1 x 15	970 (2 x 485)	10:22:35	15,5	Ton, roter Ton, Mergel	36	42	46	72	76

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II									Blatt: 18



2.3 Ergebnisse und Parameterauswahl

Ziel des Parametertests war es, hinsichtlich

- Ladungsmenge,
- und Ladungsteufe (Bohrteufe),

des sprengseismischen Anregungssignals die optimalen Parameter zu ermitteln. Neben Einzelbohrungen mit Bohrteufen von 9 m und 15 m wurden für Bohrteufen von 6 m auch Bohrungsdubletten betrachtet. Die Rohdaten des Parametertests sind in Abbildung 3 bis Abbildung 36 dargestellt. Bearbeitung und Darstellung der Testergebnisse erfolgte vor Ort im Truppbüro mit dem seismischen Processing-Paket Vista (<https://www.software.slb.com/products/vista>).

Kriterien zur Auswahl der einzelnen Parameter sind hauptsächlich das Signal-Rausch-Verhältnis, die Stärke unerwünschter Oberflächenwellen und ein möglichst gleichmäßiges Amplitudenspektrum. Generell ist zu erwarten, dass das Signal-Rausch-Verhältnis mit zunehmender Ladungsmenge größer wird. Qualitativ wird dies danach beurteilt, ob Reflexionen, auch von tieferliegenden Horizonten, zu erkennen und ob Ersteinsatz und Reflexionen auch bis in größere Offsetbereiche gut zu verfolgen sind (Abbildung 3). Das Amplitudenspektrum sollte über einen möglichst großen Frequenzbereich ausgeglichen sein und keine starken Schwankungen aufweisen. Hinsichtlich der störenden Oberflächenwellen ist zu erwarten, dass mit größerer Ladungsmenge deren Intensität zunimmt, mit zunehmender Ladungsteufe hingegen, die Intensität wieder abnimmt (Abbildung 3).

2.3.1 Test der Ladungsmenge

Für die Anregungslinie 9300 zeigen Abbildung 4 bis Abbildung 6 den Einfluss der zunehmenden Ladungsmenge bei einer Bohrteufe von 6 m (Dublette), Abbildung 7 bis Abbildung 10 bei einer Bohrteufe von 9 m (Einzelbohrung), und Abbildung 11 bis Abbildung 14 bei einer Bohrteufe von 15 m (Einzelbohrung) auf die Datenqualität. Unabhängig von der Bohrteufe nimmt mit zunehmender Ladungsmenge die Intensität der störenden Oberflächenwelle zu. Erwartungsgemäß ist, bei jeweils konstanter Bohrteufe, aber auch zu beobachten, dass mit zunehmender Ladungsmenge sich das Signal-Rausch-Verhältnis vergrößert und Ersteinsatz sowie Reflexionen bis in größere Offsets sicher verfolgbar sind. Reflexionen aus größeren Tiefen (z.B. Basis Zechstein bei ca. 1400 ms Laufzeit) sind bei Ladungsmengen von 220 g oder 250 g kaum sichtbar, werden erst bei Ladungsmengen von 440 g oder 485 g erkennbar und lassen sich nur mit Ladungsmengen von 660 g oder 970 g bis in größere Offsets kontinuierlich verfolgen.

Diese Beobachtungen gelten in ähnlicher Weise auch für die Anregungslinien 9100 und 9200 (Abbildung 15 bis Abbildung 36). Hier beschränkt sich die Beurteilung des Signal-Rausch-Verhältnisses allerdings im Wesentlichen auf die Verfolgbarkeit des Ersteinsatzes, da aufgrund der Lage der Anregungslinien über dem Top der Salzstruktur kaum Reflexionen aus dem Deckgebirge zu erkennen sind. Anzumerken ist außerdem, dass für die Anregung mit einer Ladungsmenge von 480 g aus einer Einzelbohrung von 9 m Teufe auf der Schusslinie 9300 nur extrem schwache Amplituden aufgezeichnet wurden (Abbildung 8), was möglicherweise auf das Vorhandensein eines lokalen Hohlraums hinweisen kann, in der die Ladung gezündet wurde und was zu der starken Dämpfung führte.

Die Berechnung der Amplitudenspektren erfolgte für jede Anregungslinie in einem Fenster, das im Wesentlichen Reflexionen enthält und störende Signale der Oberflächenwellen und des Ersteinsatzes ausschließt (Abbildung 37, Abbildung 38, Abbildung 39). Die genauen Umrisse der jeweiligen Fenster anhand von Spurnummern und Laufzeiten sind außerdem in Tabelle 5, Tabelle 6, Tabelle 7 und Tabelle 8 angegeben. Die dargestellten Amplitudenspektren werden immer als Mittelwert der Amplitudenspektren der einzelnen seismischen Spuren im jeweiligen Analysefenster berechnet.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter-tests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II									Blatt: 19



Das bereits im Zeitbereich festgestellte triviale Ergebnis, der Zunahme der Anregungsenergie und der Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses mit größer werdender Ladungsmenge, bestätigt sich auch anhand der Amplitudenspektren (für Anregungslinie 9100: Abbildung 40, Abbildung 41, Abbildung 42; für Anregungslinie 9200: Abbildung 47, Abbildung 48, Abbildung 49; für Anregungslinie 9300: Abbildung 54, Abbildung 55, Abbildung 56). Eine Einschränkung des Spektrums hinsichtlich seiner Bandbreite ist bei den unterschiedlichen Ladungsmengen nicht zu beobachten. Die Gleichmäßigkeit der Amplitudenspektren hängt allerdings stark vom Standort der Anregungslinien und der Bohrteufe ab.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Erhöhung der Ladungsmenge auf 970 g unabhängig von der Ladungsteufe und der Bohrkonfiguration (Dublette, Einzelbohrung) die Erkenn- und Verfolgbarkeit von Reflexionen signifikant verbessert, ohne die Bandbreite des Signals einzuschränken, so dass für die sprengseismische Anregung bei der 3D-Seismik als Standard eine Ladungsmenge von 970 g festgelegt wird. Nur in der Nähe von Bauten, Bohrungen, Gewässern, usw. wäre diese Ladungsmenge zu reduzieren.

2.3.2 Test der Ladungsteufe (Bohrteufe)

Abbildung 6, Abbildung 10 und Abbildung 14 zeigen für die Anregungslinie 9300 und einer Ladungsmenge von 970 g den Einfluss der Ladungsteufe (6 m Dublette, 9 m und 15 m Einzelbohrung) auf die Datenqualität. Es ist ersichtlich, dass mit größer werdender Ladungsteufe die Intensität der Oberflächenwelle abnimmt und sich das Signal-Rausch-Verhältnis sowie die Verfolgbarkeit der seismischen Reflexionen verbessern. Die signifikanteste Qualitätsverbesserung wurde für die seismischen Reflexionen bei kleinen Offsets zwischen 500 ms und 1000 ms sowie bei der amplitudenstarken Reflexion um 1400 ms (Basis Zechstein) beobachtet. Auch im Amplitudenspektrum zeigt sich, dass bei einer Ladungstiefe von 15 m, das amplitudenstärkste Ergebnis mit der größten Bandbreite erzielt wird (Abbildung 57, Abbildung 58, Abbildung 59, Abbildung 60).

Abbildung 17, Abbildung 21 und Abbildung 25 zeigen für die Anregungslinie 9200 und einer Ladungsmenge von 970 g den Einfluss der Ladungsteufe (6 m Dublette, 9 m und 15 m Einzelbohrung) auf die Datenqualität. Hier ist ersichtlich, dass bei einer Anregung in der Einzelbohrung mit 9 m Tiefe die Intensität der Oberflächenwelle am geringsten ist. Im Vergleich zu den Bohrteufen von 6 m und 15 m zeigt die Anregung in 9 m Tiefe auch das beste Signal-Rausch-Verhältnis sowie eine bessere Verfolgbarkeit der seismischen Reflexionen (z.B. bei 1200 ms). Im Amplitudenspektrum wird ebenfalls deutlich, dass bei der Anregung in 9 m Teufe die meiste Energie und Signale mit der größten Bandbreite angeregt wurden (Abbildung 50, Abbildung 51, Abbildung 52, Abbildung 53).

Abbildung 28, Abbildung 32 und Abbildung 36 zeigen für die Anregungslinie 9100 und einer Ladungsmenge von 970 g den Einfluss der Ladungsteufe (6 m Dublette, 9 m und 15 m Einzelbohrung) auf die Datenqualität. Hier sind bei einer Anregung in den Einzelbohrungen mit 9 m und 15 m Teufe keine Reflexionen zu erkennen. Bei Anregung in der 6 m tiefen Dublette deuten sich allerdings Reflexionen an und auch die Verfolgbarkeit des Ersteinsatzes ist bei großen Offsets im Vergleich zur Anregung in den Einzelbohrungen am besten. Hinsichtlich der Intensität der Oberflächenwellen ergeben sich an diesem Standort bei unterschiedlichen Bohrteufen kaum Unterschiede. Auch die Unterschiede in den Amplitudenspektren sind gering, im Frequenzbereich zwischen 10 Hz und 30 Hz fällt die Energie der Anregung in 15 m Teufe allerdings etwas ab (Abbildung 43, Abbildung 44, Abbildung 45, Abbildung 46).

Den Einfluss der Ladungsteufe (Bohrteufe) auf die Datenqualität bei geringeren Ladungsmengen als 970 g wird in dieser Auswertung nicht näher betrachtet, da sich für die 3D-Seismik auf eine Ladungsmenge von 970 g festgelegt wurde. Aber auch bei geringeren Ladungsmengen zeigen sich die gleichen Tendenzen, die bei der Ladungsmenge von 970 g schon festgestellt wurden:

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II									Blatt: 20

- Auf Anregungslinie 9300 ergibt sich bei einer Ladungsteufe von 15 m die beste Datenqualität.
- Auf Anregungslinie 9200 ergibt sich bei einer Ladungsteufe von 9 m die beste Datenqualität.
- Auf Anregungslinie 9100 ergibt sich bei einer Ladungsteufe von 15 m die schlechteste Datenqualität.

Die Ergebnisse mit Ladungsmengen kleiner als 970 g sind in den entsprechenden Abbildungen dokumentiert und nachvollziehbar. Die Zuordnung der Abbildungen zu den Testergebnissen ist in Tabelle 4 enthalten.


Zusammenfassend ergibt sich, dass sich zwischen der Ladungsteufe und der Datenqualität kein (erwarteter) Zusammenhang feststellen lässt. Ursache dafür sind sehr wahrscheinlich die an den drei Teststandorten unterschiedlichen oberflächennahen geologischen Bedingungen, die in den durch die Bohrungen erschlossenen Teufen sehr unterschiedliche Ankopplungsbedingungen der Ladungen aufweisen. Für die sprengseismische Anregung bei der 3D-Seismik wird daher festgelegt (Anhang 2), dass die Mindesttiefe für eine Einzelbohrung mindestens 6 m betragen sollte und dabei mindestens 1 m tief in eine feste, konsolidierte Schicht zu bohren ist. Wird keine feste, konsolidierte Schicht angetroffen, ist die Bohrtiefe solange zu erhöhen bis diese Vorgabe erfüllt oder die Maximalteufe von 15 m erreicht ist. Wird die Mindesttiefe für eine Einzelbohrung von 6 m aus geologischen oder bohrtechnischen Gründen nicht erreicht, so sind 2 Einzelbohrungen im Abstand von ca. 2 m mit einer Tiefe von jeweils 3 m abzuteufen.

2.3.3 Weitere Analysen

Die sprengseismischen Tests auf der Anregungslinie 9300 wurden durchgeführt, da bei einer Anregung auf dieser Linie sicher gut erkennbare Reflexionen aus dem Deckgebirge erwartet wurden, was für eine Beurteilung der Auswirkungen von Ladungsmenge und Ladungsteufe auf die Datenqualität notwendig ist. Allerdings werden in diesem Bereich des Messgebiets bei der 3D-Seismik nur vibroseismische Anregungen stattfinden. Das Gebiet der sprengseismischen Anregungen der 3D-Seismik konzentriert sich auf den Asse-Wald, wo sich auch die Anregungslinien 9100 und 9200 des Parameter tests befinden. Daher wurden weitere Analysen hinsichtlich der Auswirkungen von Ladungsmenge und Ladungsteufe auf die Datenqualität auf den Anregungslinien 9100 und 9200 durchgeführt. Diese weiteren Analysen der Daten des Parameter tests erfolgten in einem Analysefenster, das sich auf kurze Laufzeiten und kleine Offsets beschränkte, aber auch Oberflächenwellen mit einschloss (Abbildung 61, Tabelle 8, Abbildung 62, Tabelle 9). In diesem ausgewählten Fenster wären Reflexionen vom Top der Salz-Struktur zu erwarten, die in den Daten im Zeitbereich aber nicht sichtbar sind.

Die weiteren Analysen der Amplitudenspektren, die in Abbildung 63 bis Abbildung 76 dargestellt sind, bestätigten die bisherigen Ergebnisse (Kapitel 2.3.1, 2.3.2):

- Unabhängig von der Ladungsteufe zeigt sich auf beiden Anregungslinien, dass erwartungsgemäß mit zunehmender Ladungsmenge auch der Energieeintrag in den Untergrund steigt, ohne dass sich eine Einschränkung der Bandbreite des Signals ergibt.
- Auf Anregungslinie 9200 ergibt sich unabhängig von der Ladungsmenge bei einer Ladungsteufe von 9 m die beste Datenqualität.
- Auf Anregungslinie 9100 ergibt sich unabhängig von der Ladungsmenge bei einer Ladungsteufe von 15 m die schlechteste Datenqualität.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the context of 3D - Seismic Axis II

Blatt: 21

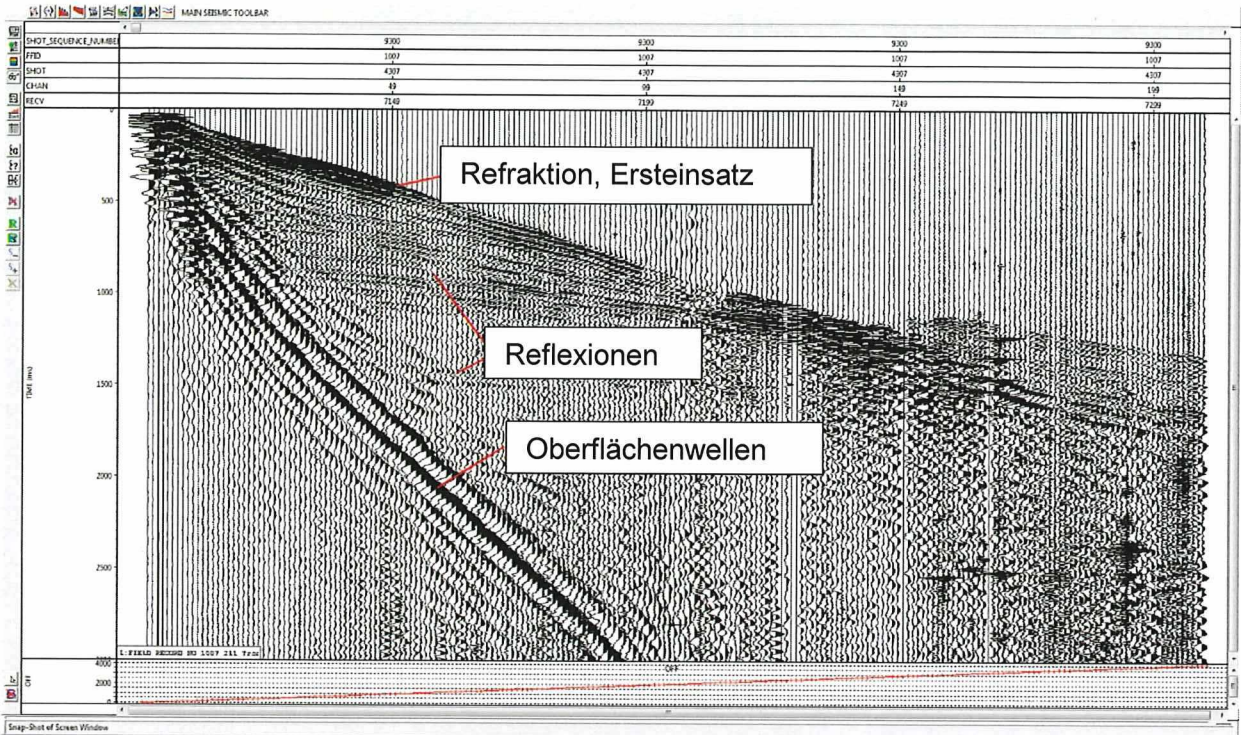


Abbildung 3: Typisches Beispiel einer seismischen Aufzeichnung mit Oberflächenwellen, reflektierten Wellen und Ersteinsätzen von refraktierten Wellen bei sprengseismischer Anregung



Abbildung 4: Aufzeichnung FFID 1001, Anregungslinie 9300, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 250 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Blatt: 22

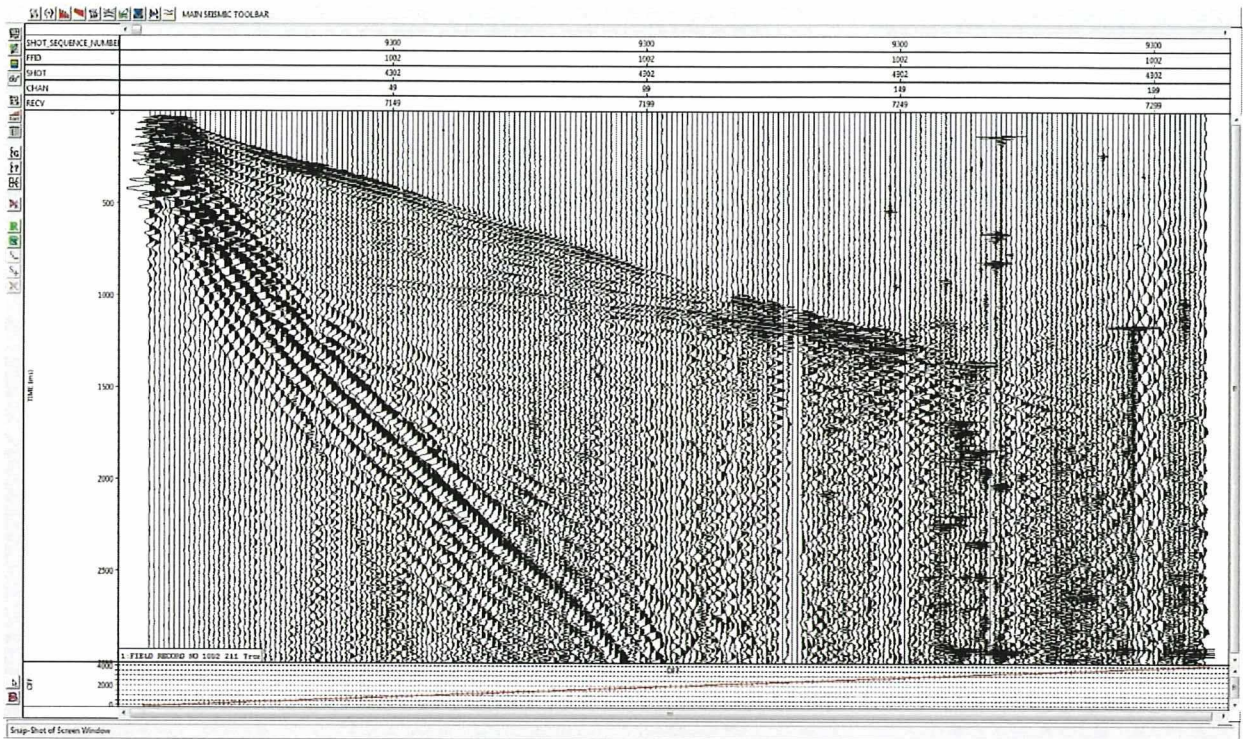


Abbildung 5: Aufzeichnung FFID 1002, Anregungslinie 9300, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 440 g



Abbildung 6: Aufzeichnung FFID 1003, Anregungslinie 9300, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 970 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	5610000	SMÜ			HF	BW	0007	00	Blatt: 23

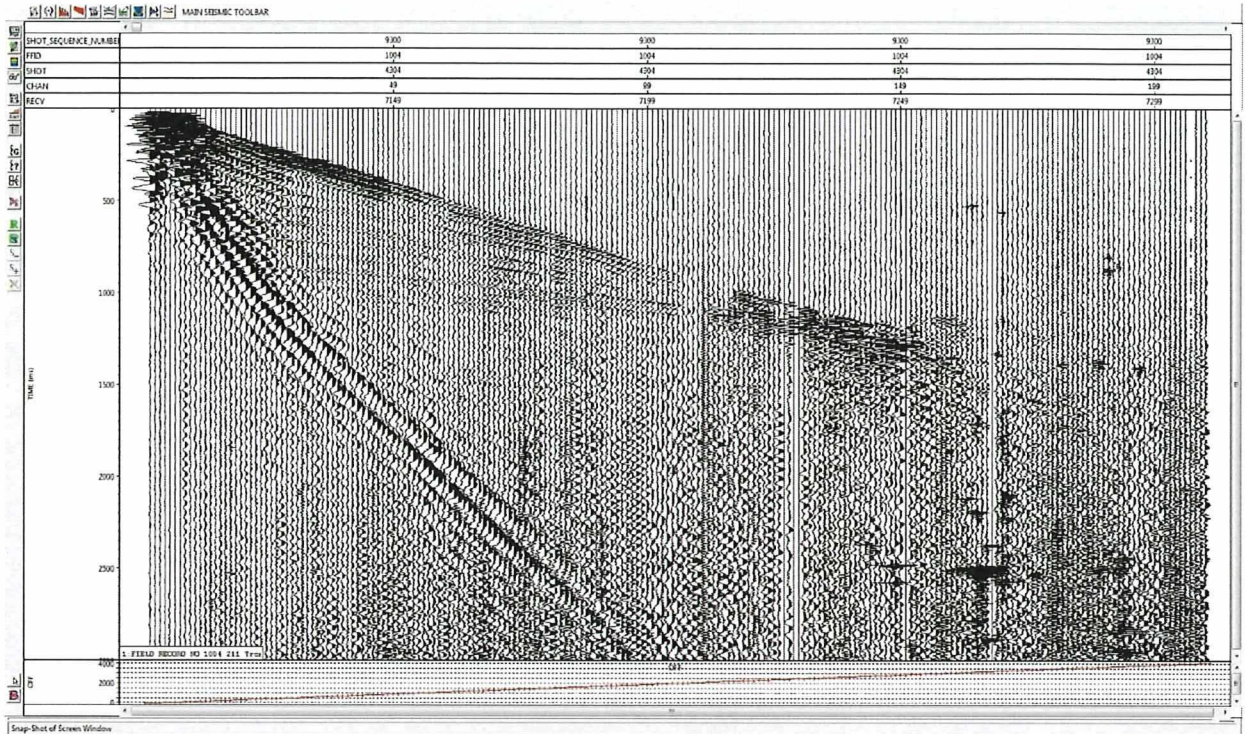


Abbildung 7: Aufzeichnung FFID 1004, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 220 g

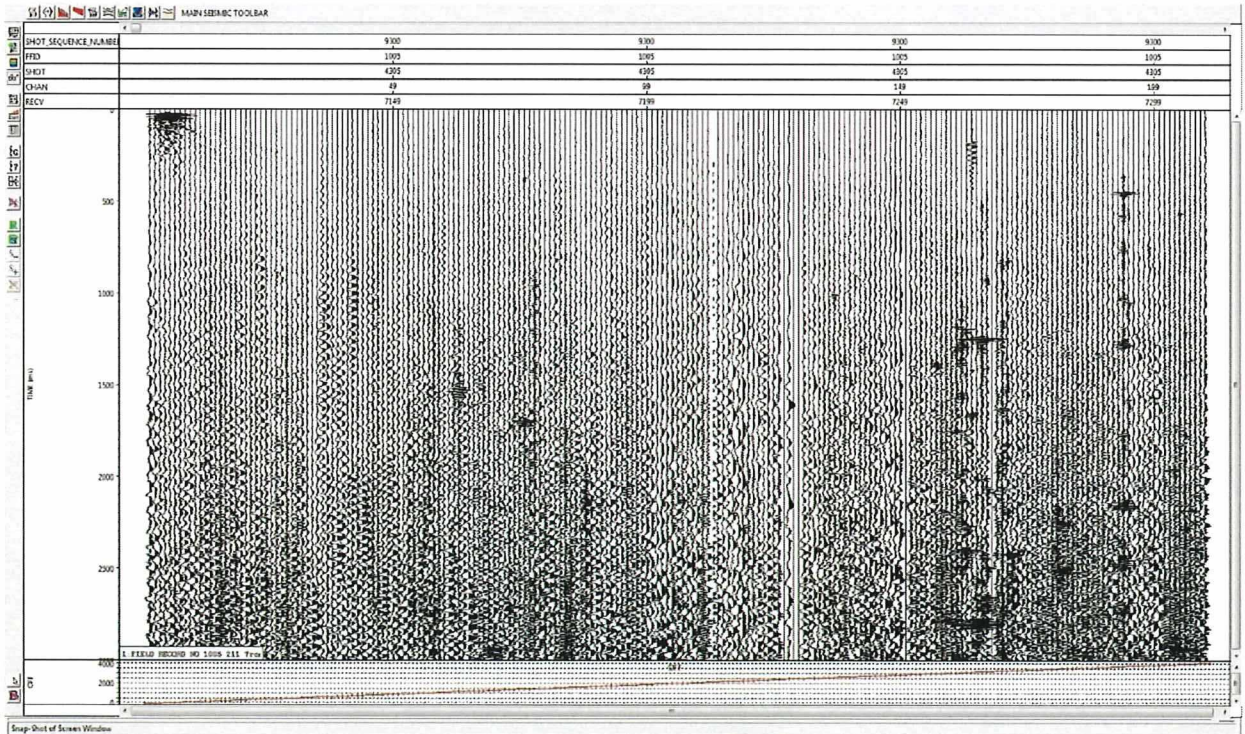



Abbildung 8: Aufzeichnung FFID 1005, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 480 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asses II

Blatt: 24

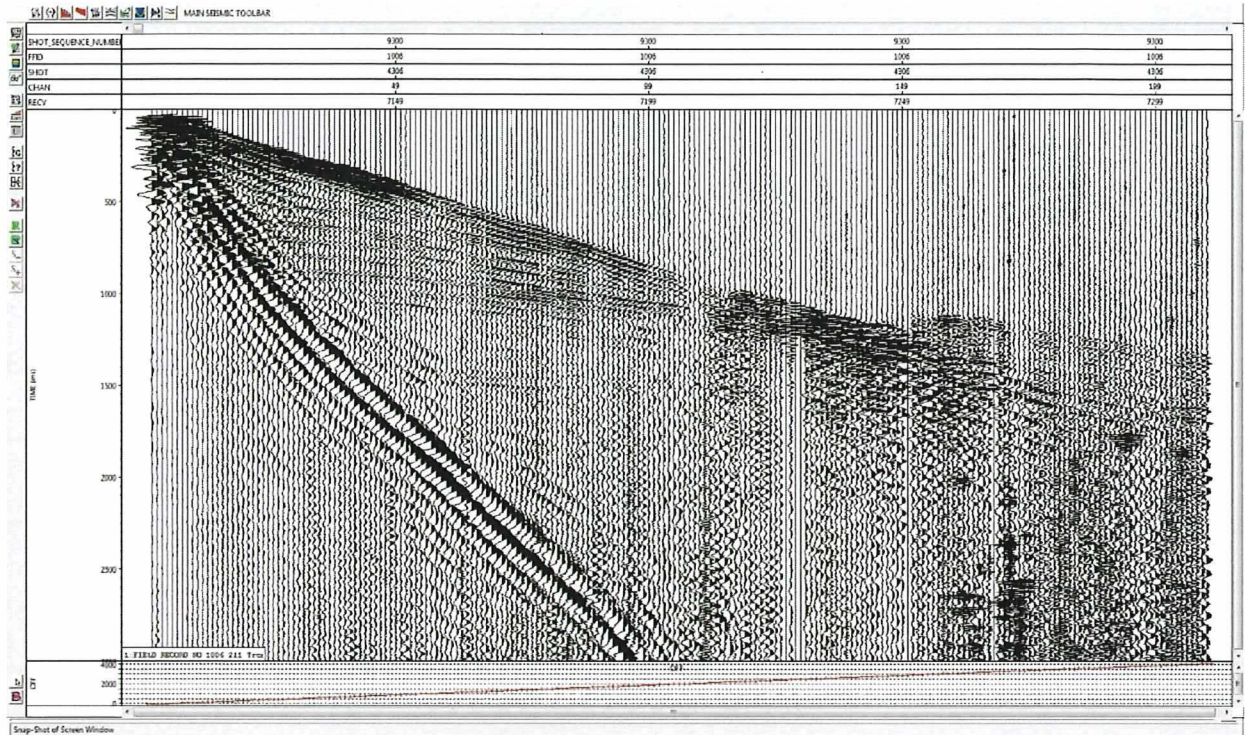


Abbildung 9: Aufzeichnung FFID 1006, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 660 g

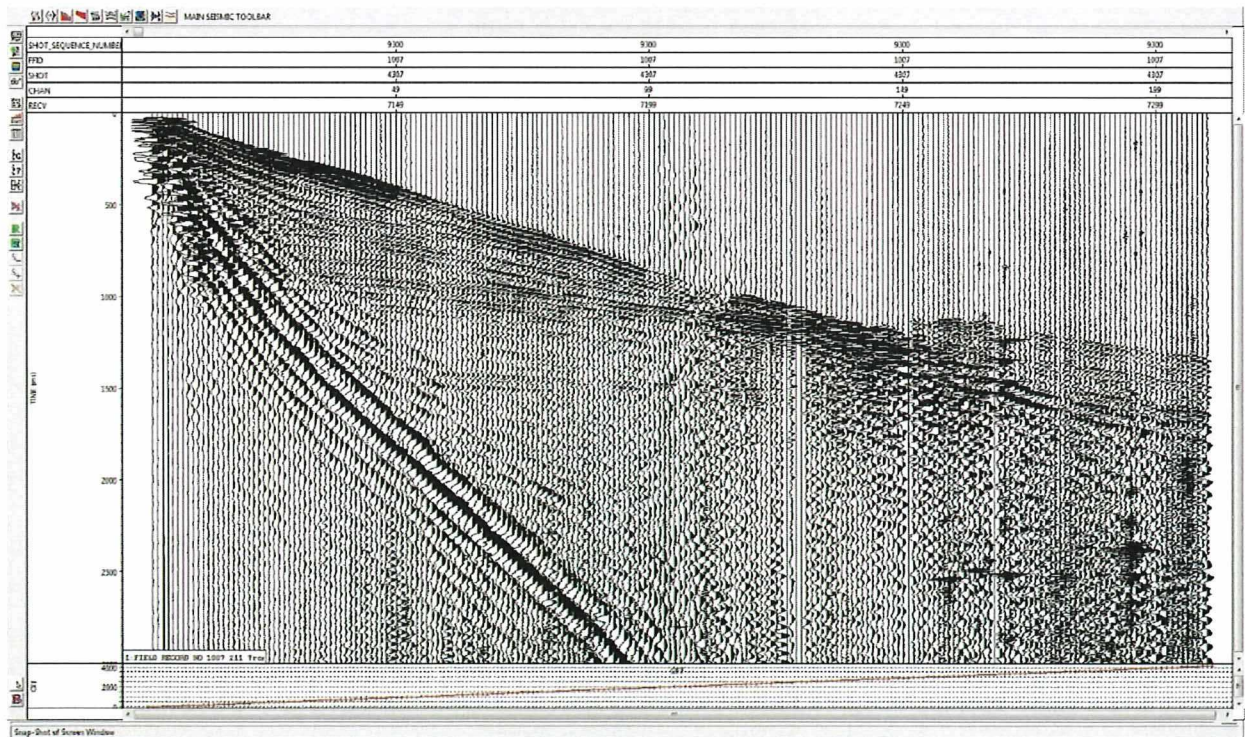



Abbildung 10: Aufzeichnung FFID 1007, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 970 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	JA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asses II

Blatt: 25

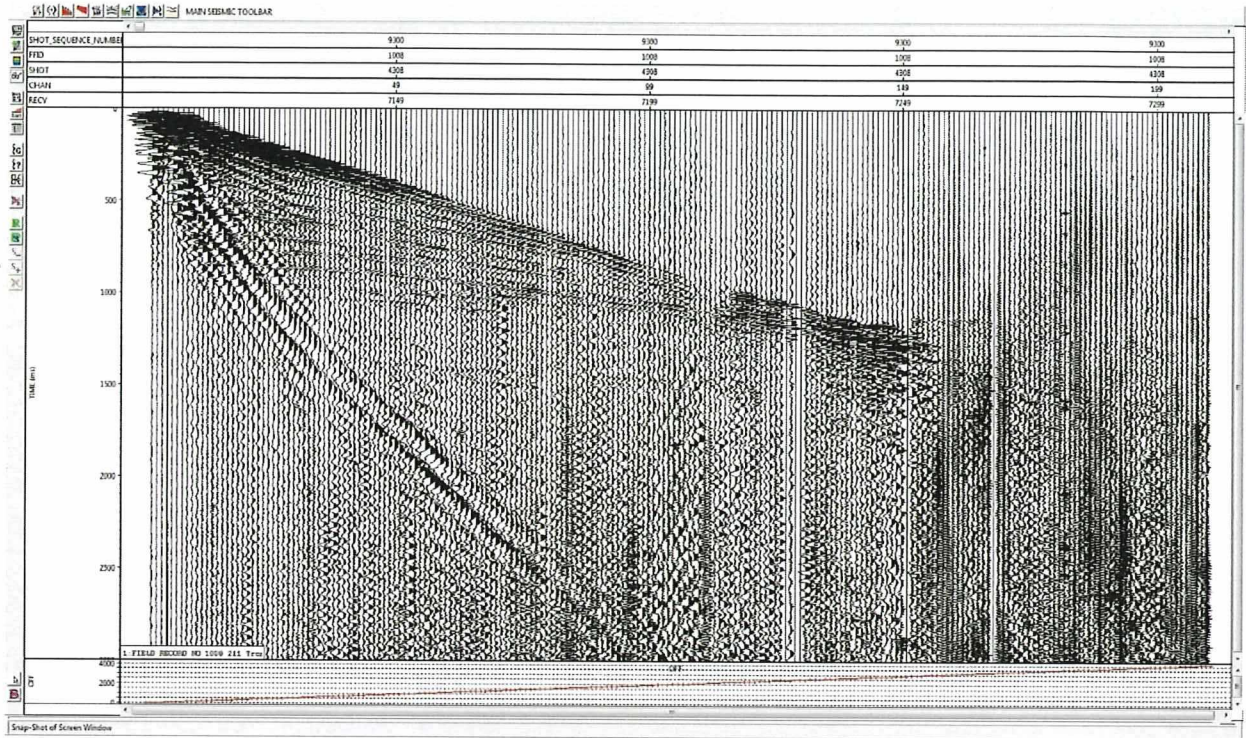


Abbildung 11: Aufzeichnung FFID 1008, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 220 g



Abbildung 12: Aufzeichnung FFID 1009, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 485 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NAAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the context of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 26

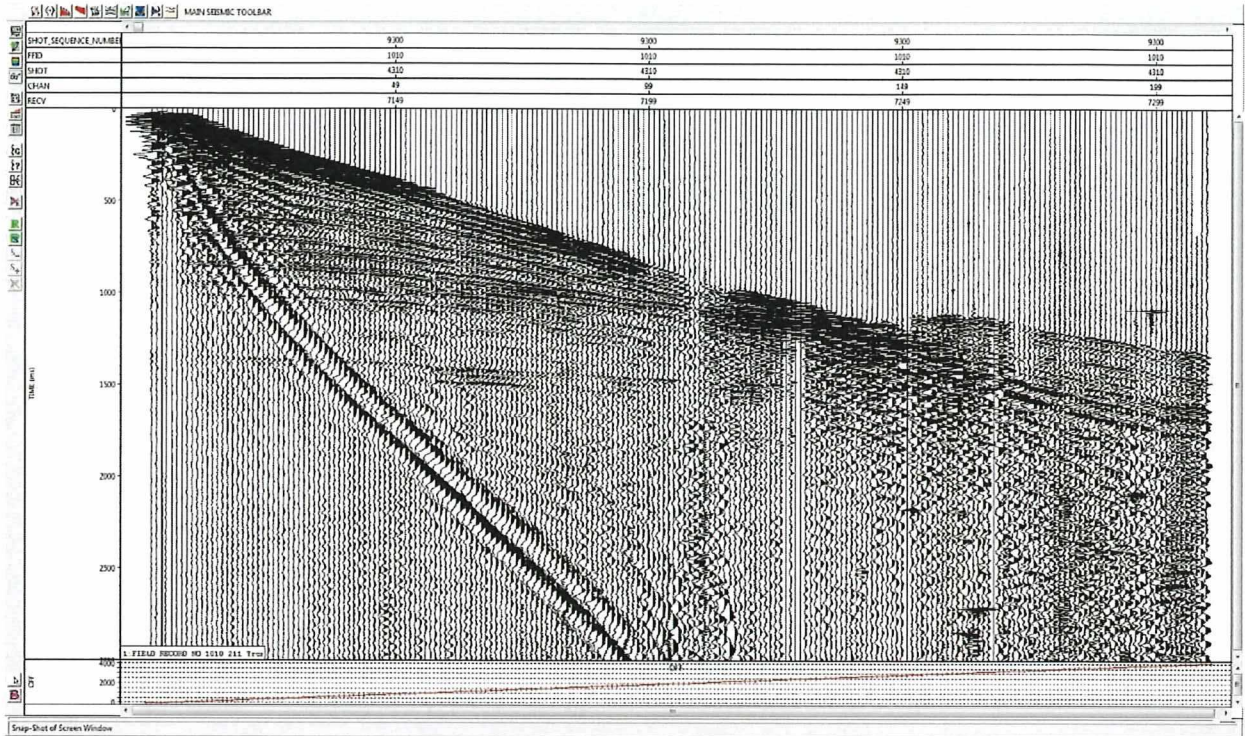


Abbildung 13: Aufzeichnung FFID 1010, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung von 15 m Teufe, Gesamtladung 660 g

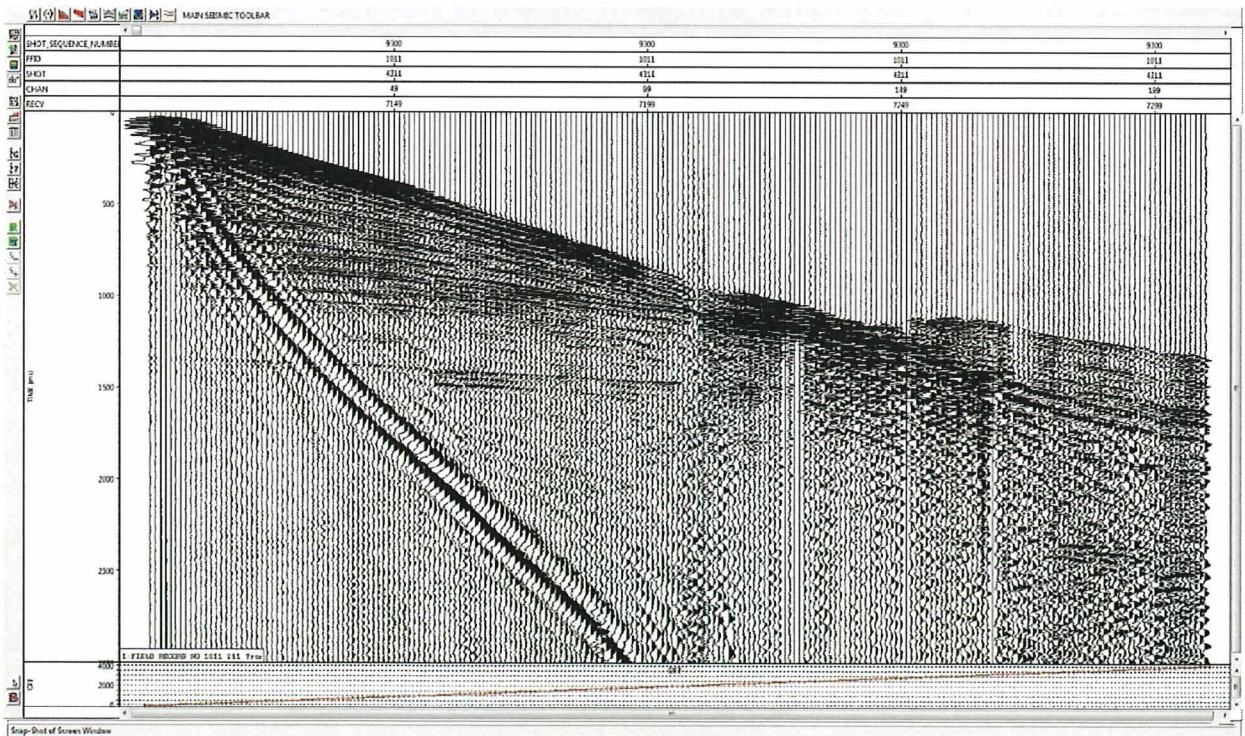


Abbildung 14: Aufzeichnung FFID 1011, Anregungslinie 9300, Einzelbohrung von 15 m Teufe, Gesamtladung 970 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	Blatt: 27

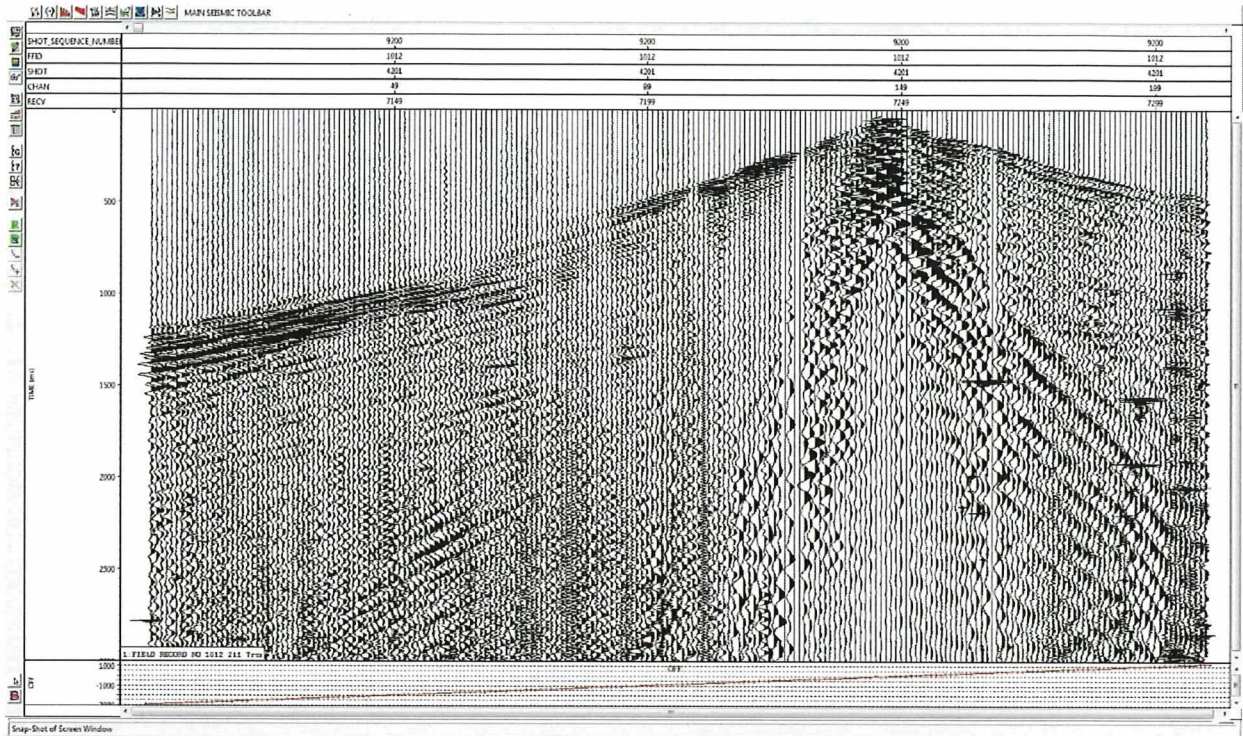


Abbildung 15: Aufzeichnung FFID 1012, Anregungslinie 9200, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 250 g

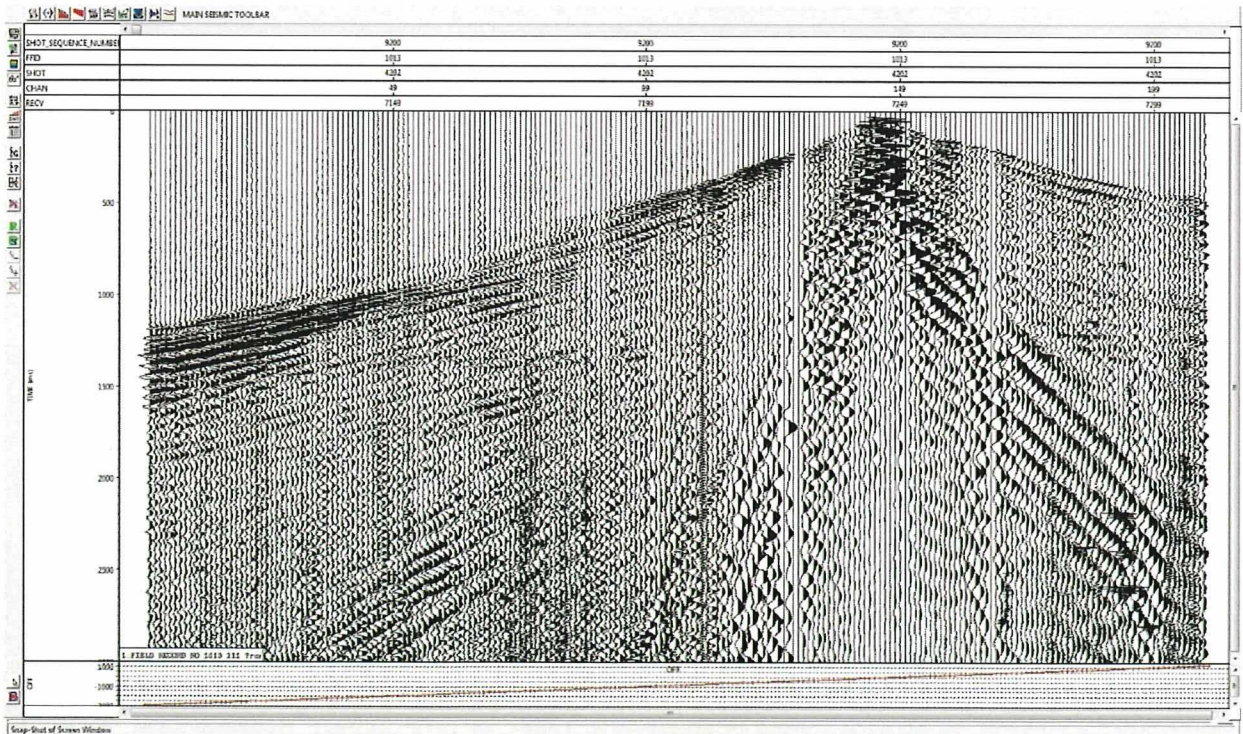



Abbildung 16: Aufzeichnung FFID 1013, Anregungslinie 9200, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 440 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	5610000	SMÜ			HF	BW	0007	00	Blatt: 28

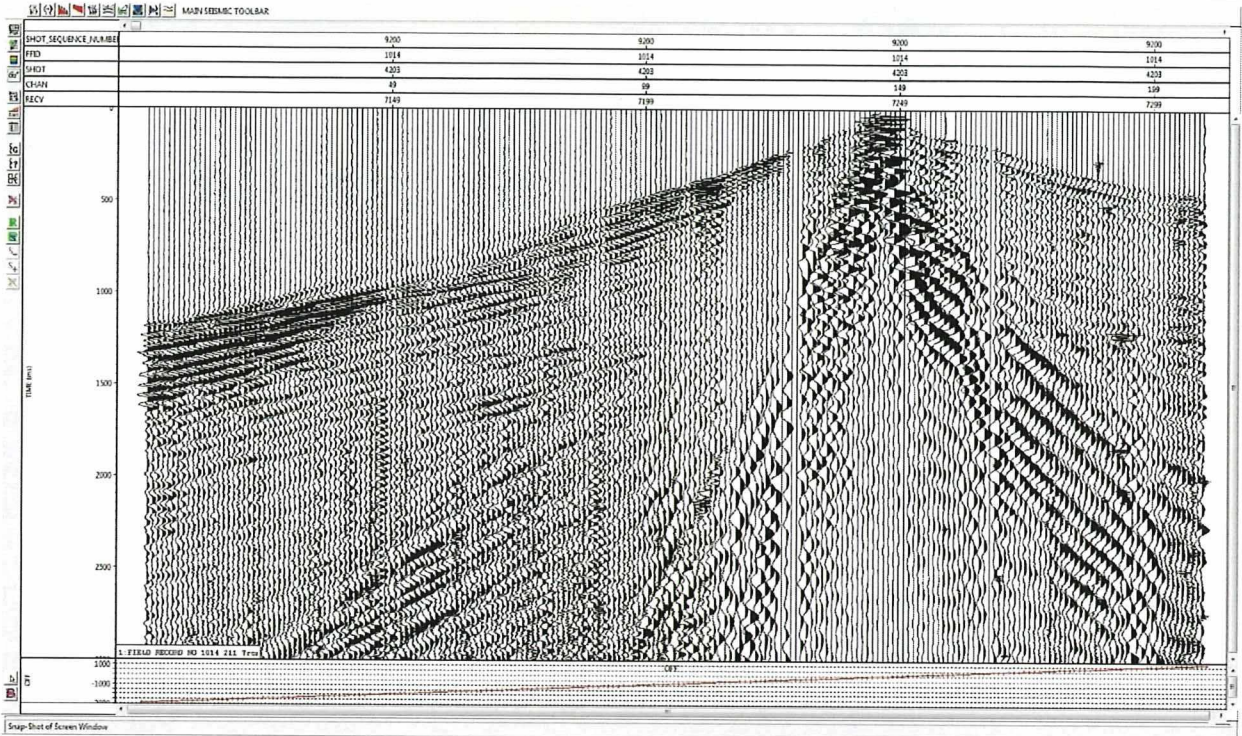


Abbildung 17: Aufzeichnung FFID 1014, Anregungslinie 9200, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 970 g

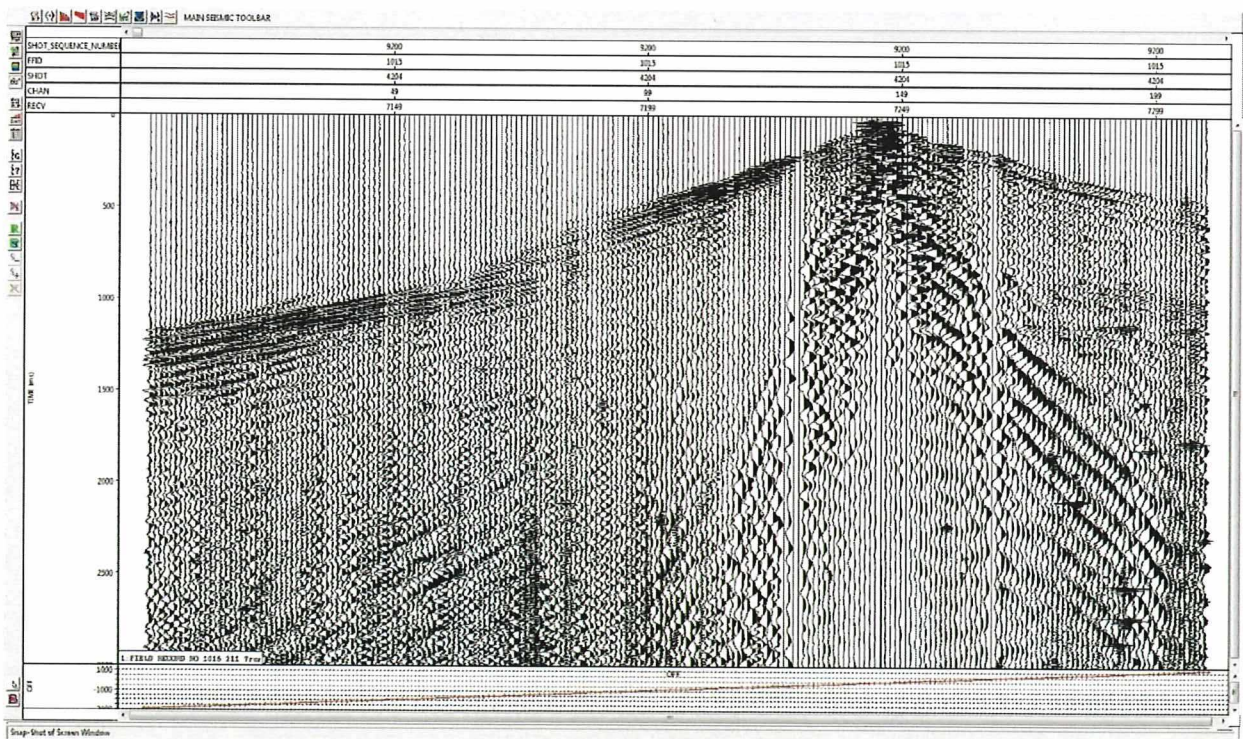


Abbildung 18: Aufzeichnung FFID 1015, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 220 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Blatt: 29

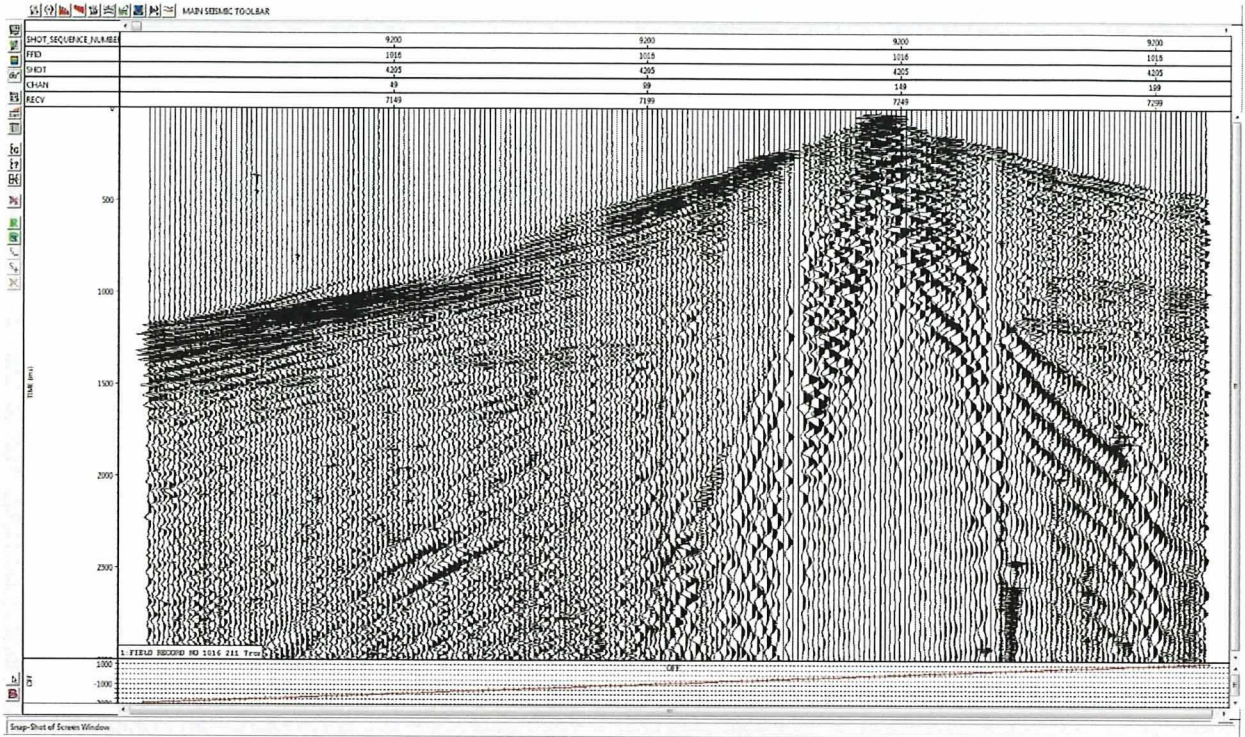


Abbildung 19: Aufzeichnung FFID 1016, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 485 g

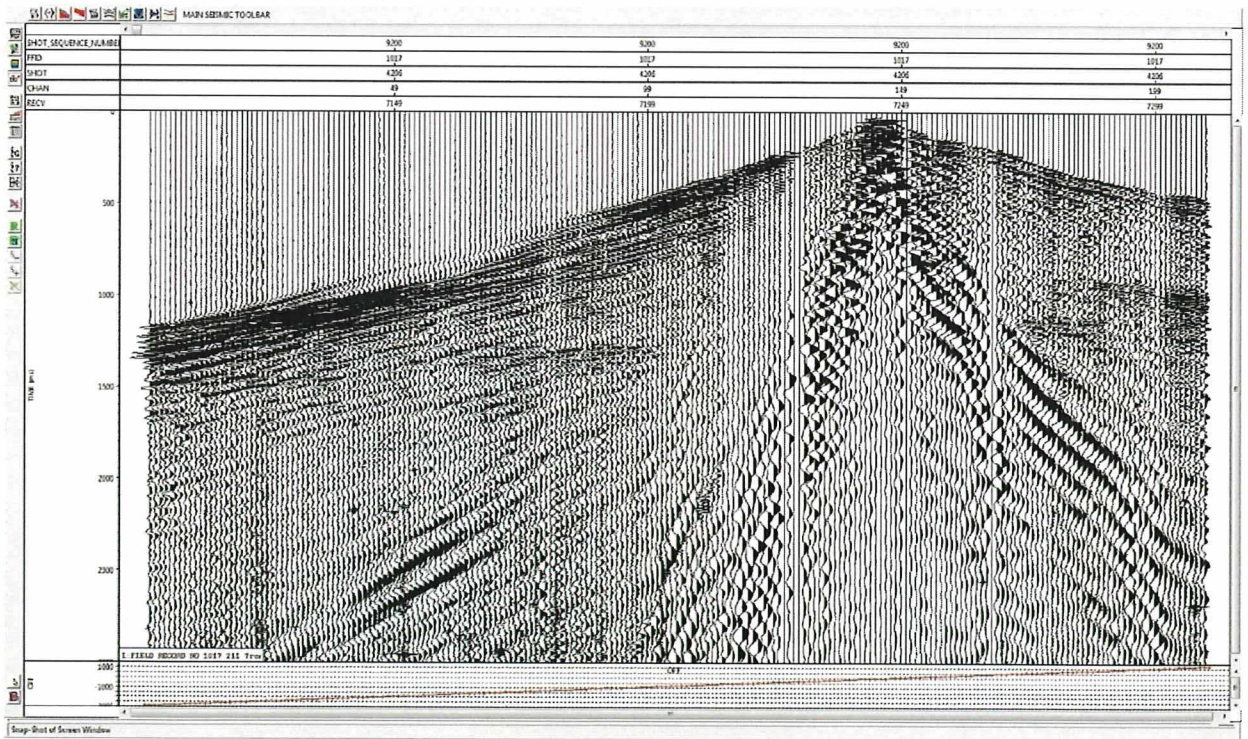



Abbildung 20: Aufzeichnung FFID 1017, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 660 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 30

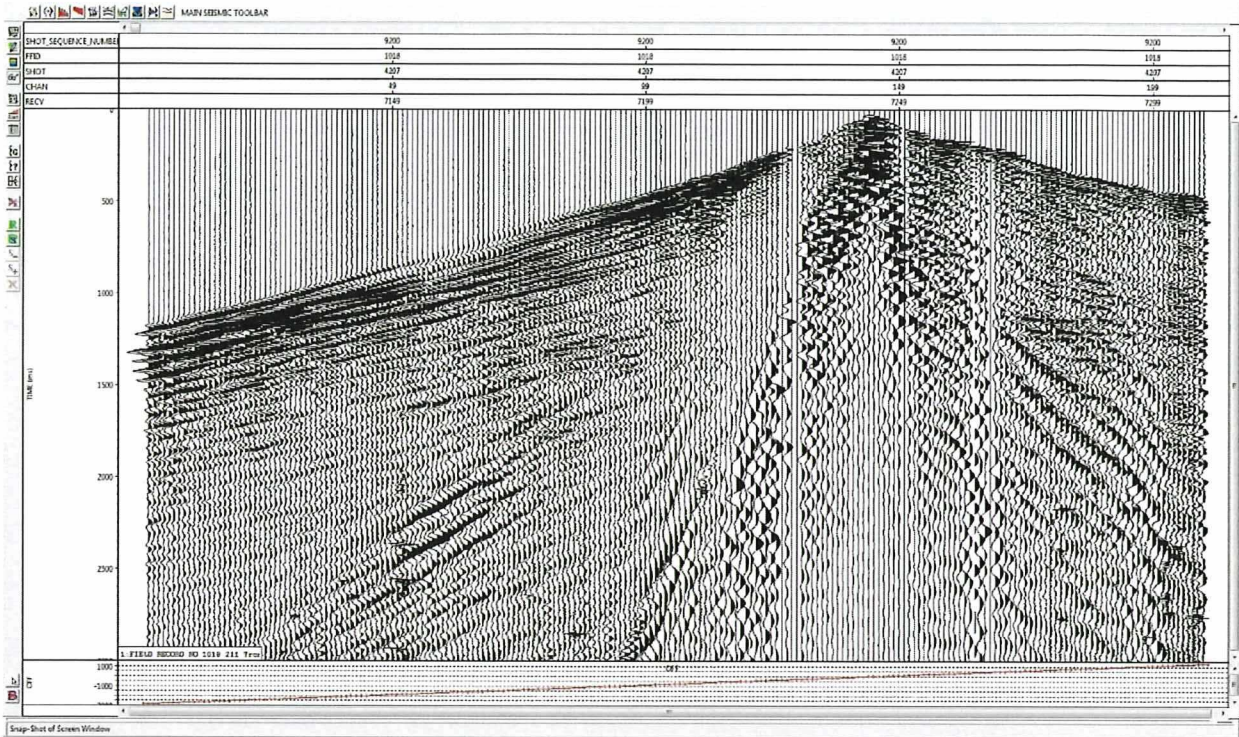


Abbildung 21: Aufzeichnung FFID 1018, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 970 g

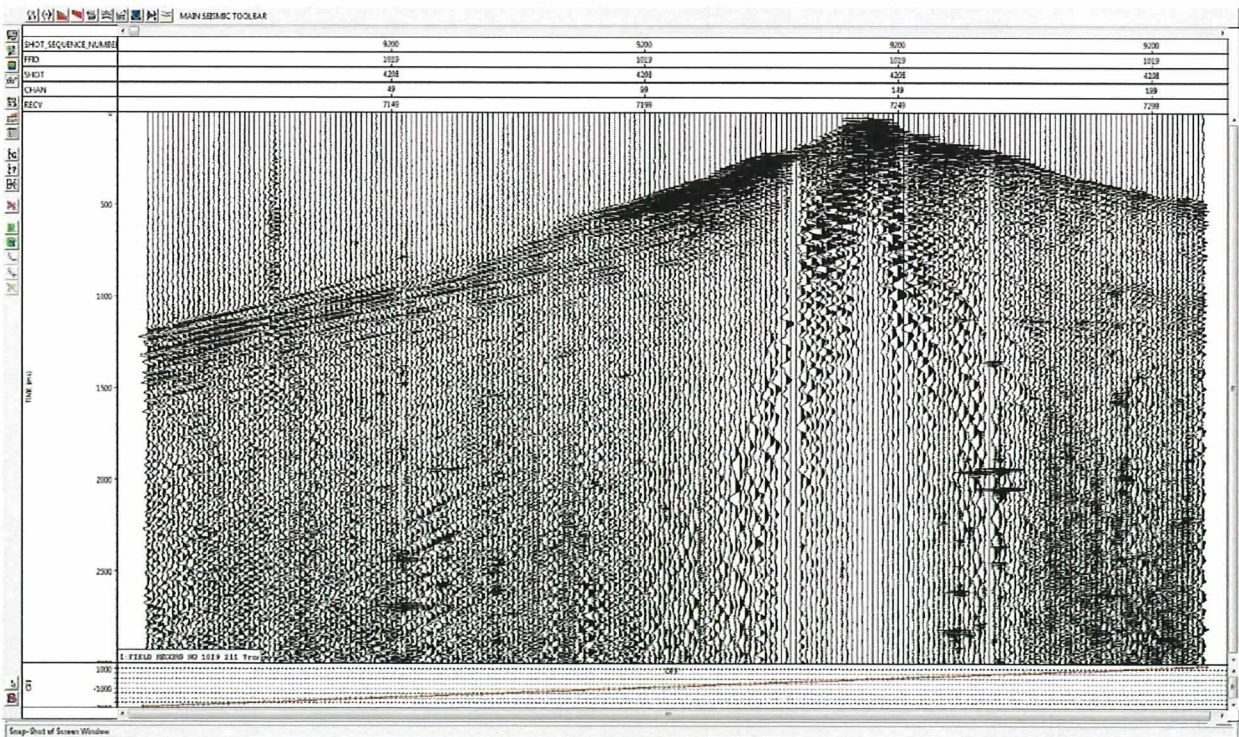


Abbildung 22: Aufzeichnung FFID 1019, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 220 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the context of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 31

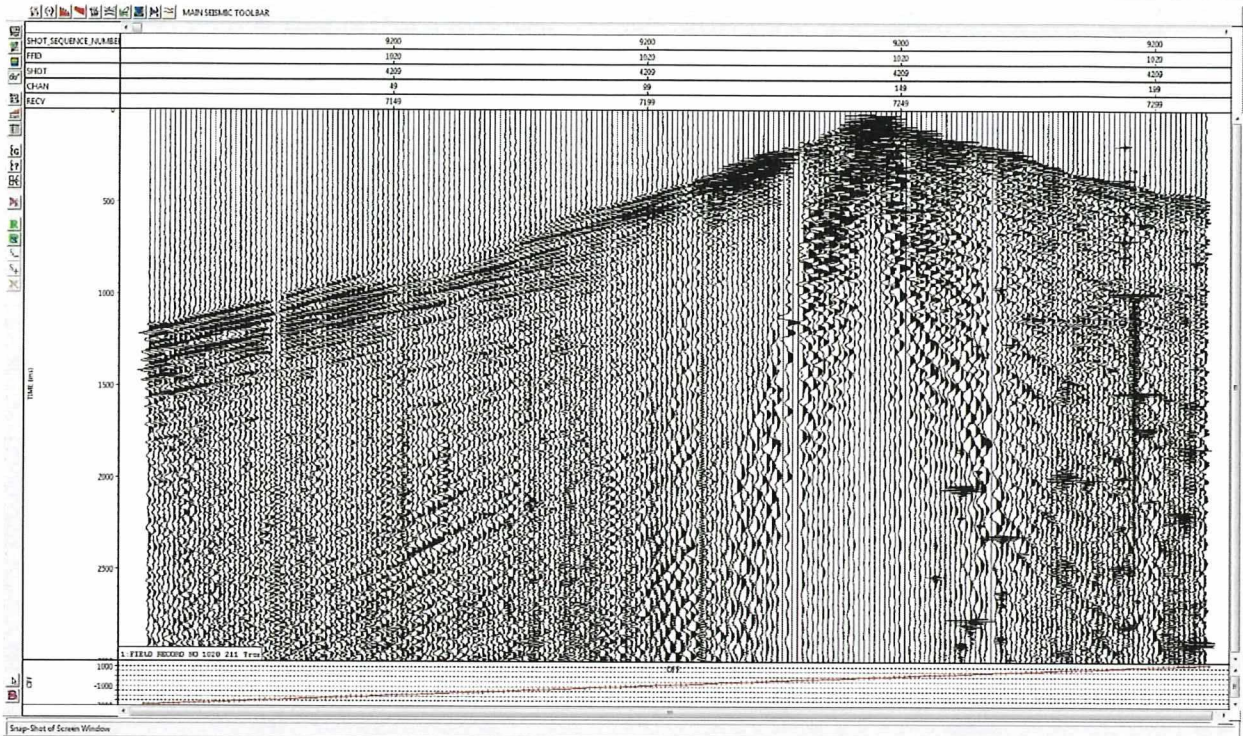


Abbildung 23: Aufzeichnung FFID 1020, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 485 g

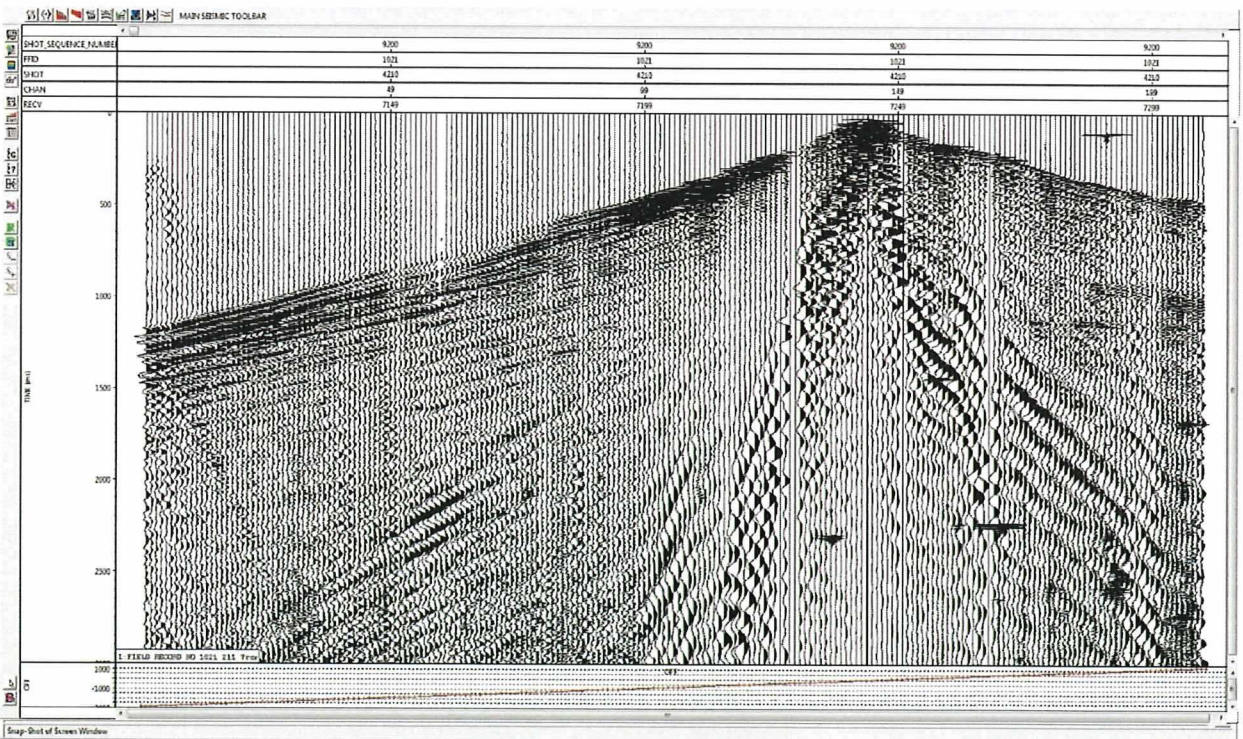


Abbildung 24: Aufzeichnung FFID 1021, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 660 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Blatt: 32

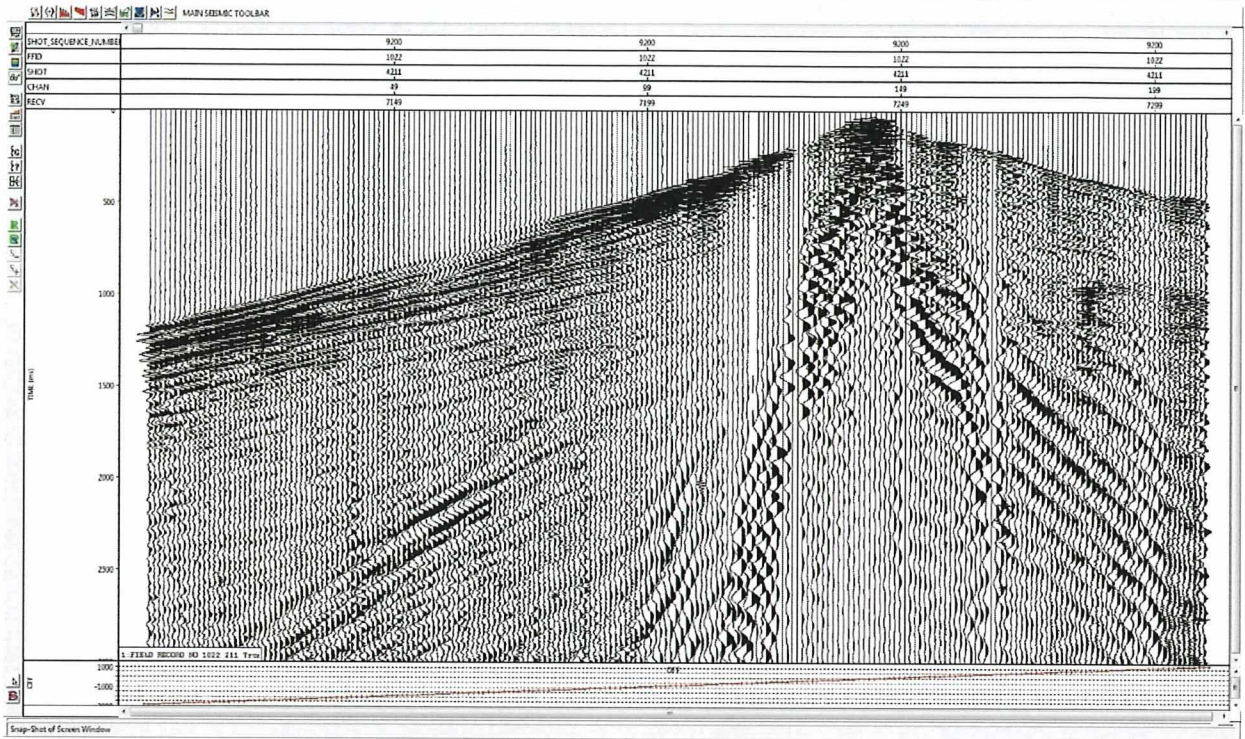


Abbildung 25: Aufzeichnung FFID 1022, Anregungslinie 9200, Einzelbohrung von 15 m Teufe, Gesamtladung 970 g

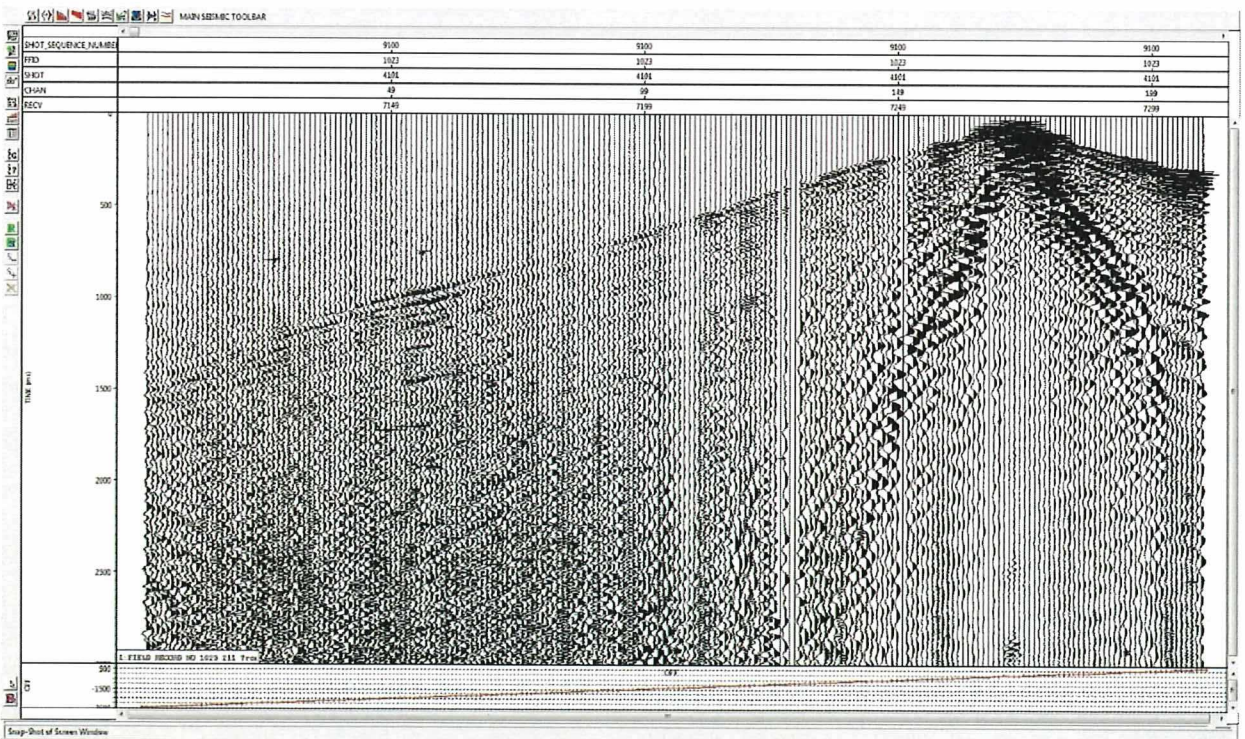



Abbildung 26: Aufzeichnung FFID 1023, Anregungslinie 9100, Dublette von 6 m Teufe, Gesamtladung 250 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asses II

Blatt: 33

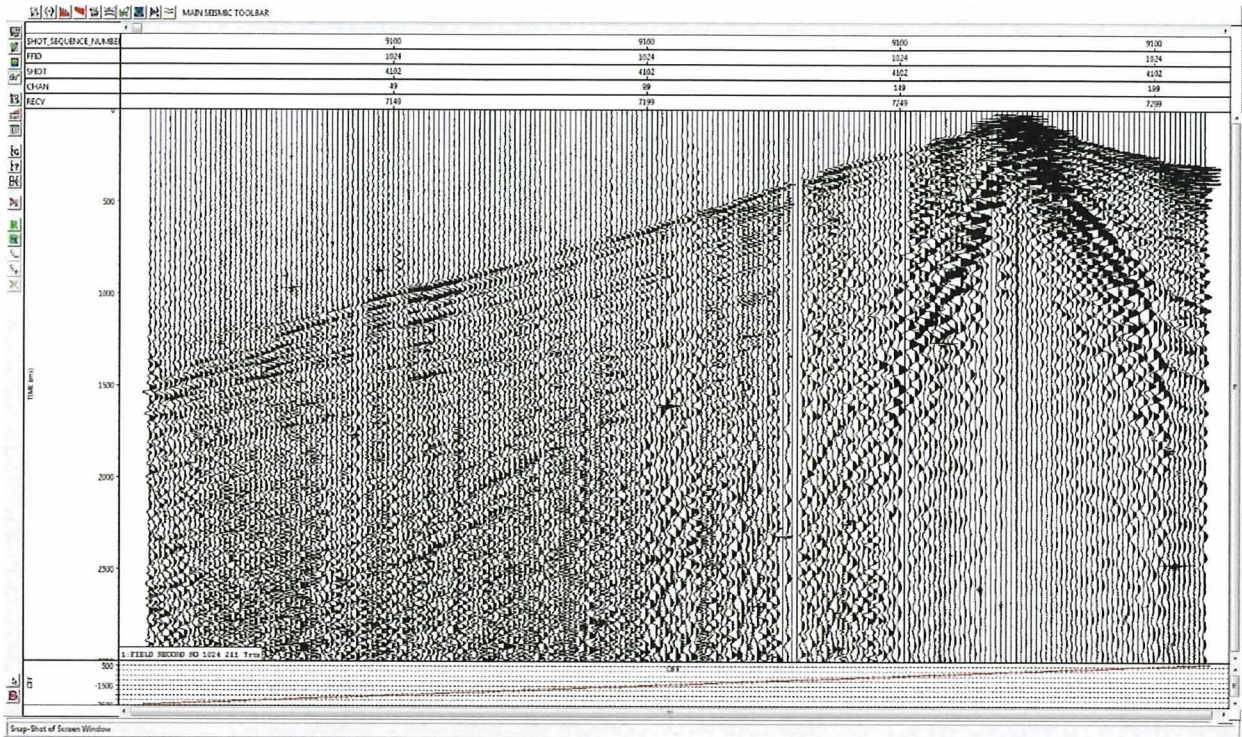


Abbildung 27: Aufzeichnung FFID 1024, Anregungslinie 9100, 2 Löcher 6 m Teufe, Gesamtladung 440 g

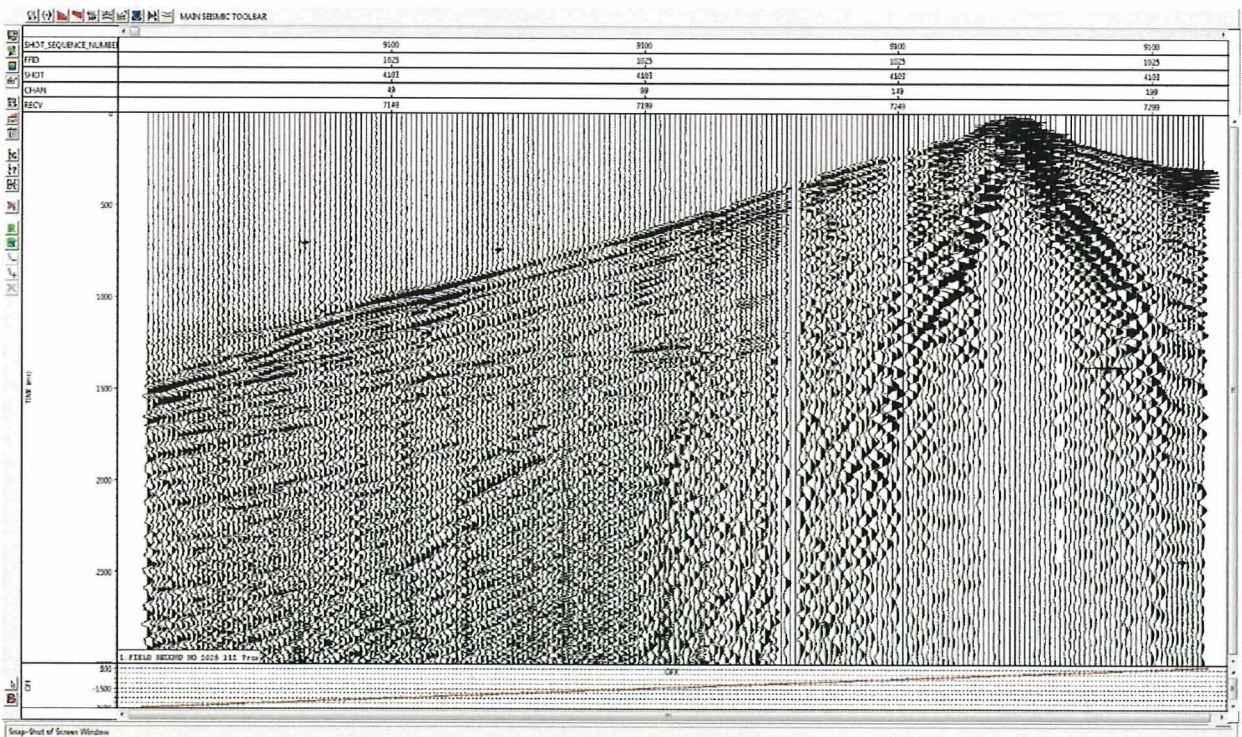



Abbildung 28: Aufzeichnung FFID 1025, Anregungslinie 9100, Dublette mit 6 m Teufe, Gesamtladung 970 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asses II

Blatt: 34

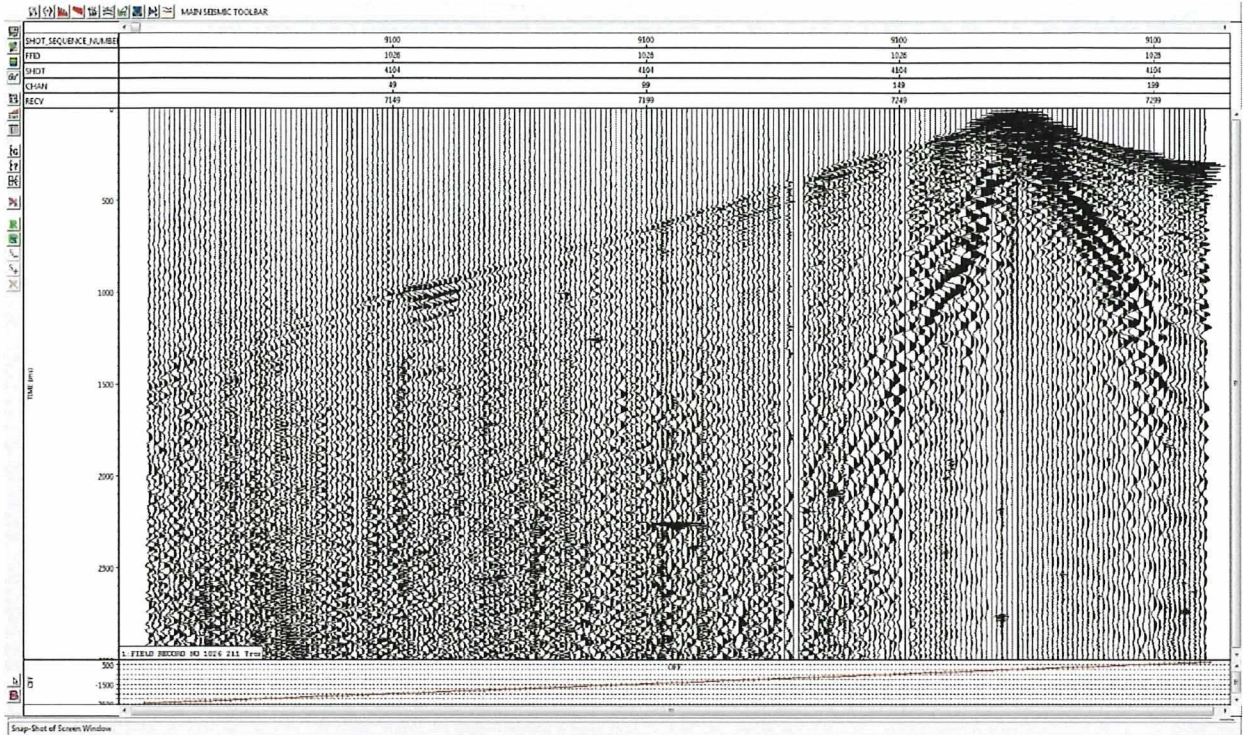


Abbildung 29: Aufzeichnung FFID 1026, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 220 g

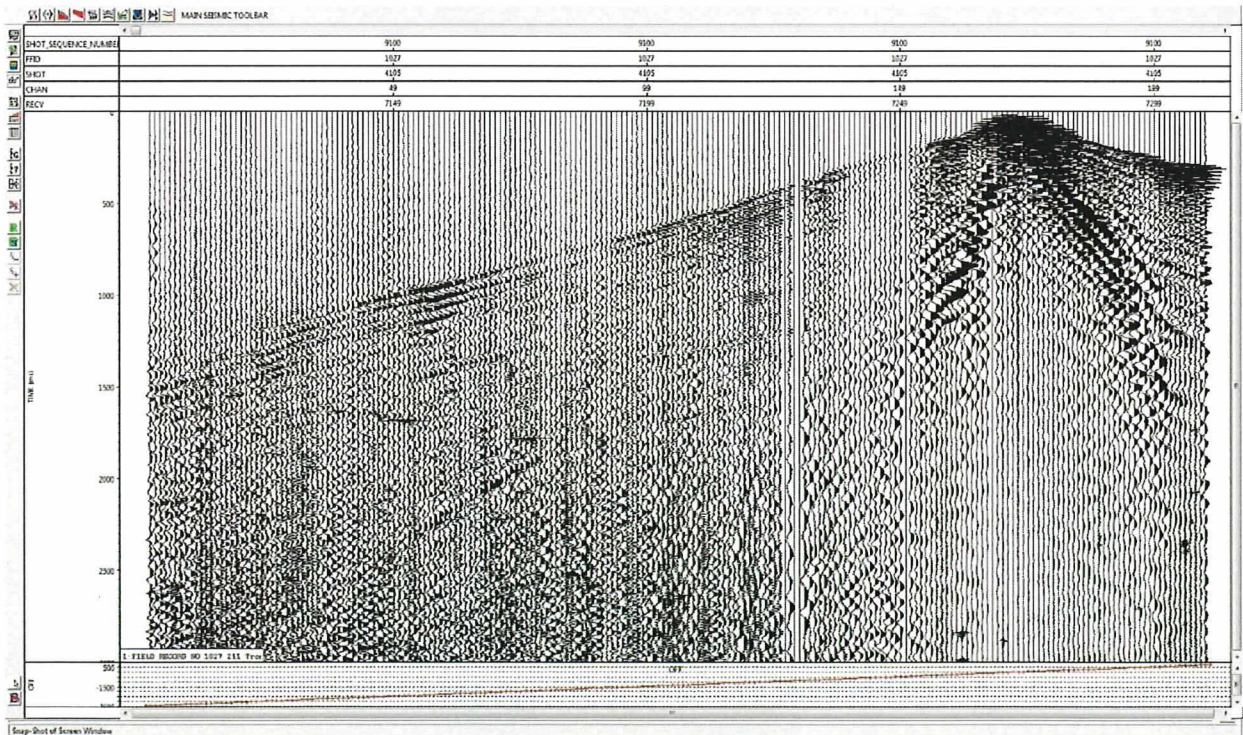



Abbildung 30: Aufzeichnung FFID 1027, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 485 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Parametertests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II

Blatt: 35

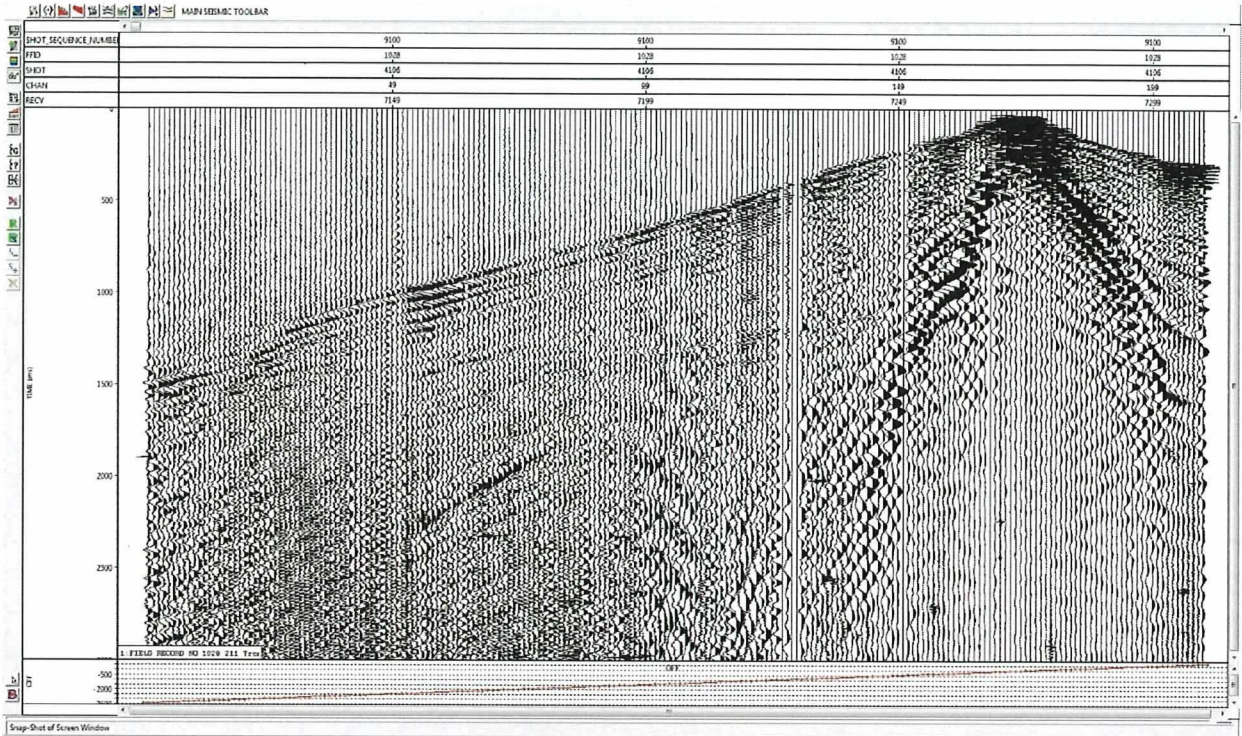


Abbildung 31: Aufzeichnung FFID 1028, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 660 g

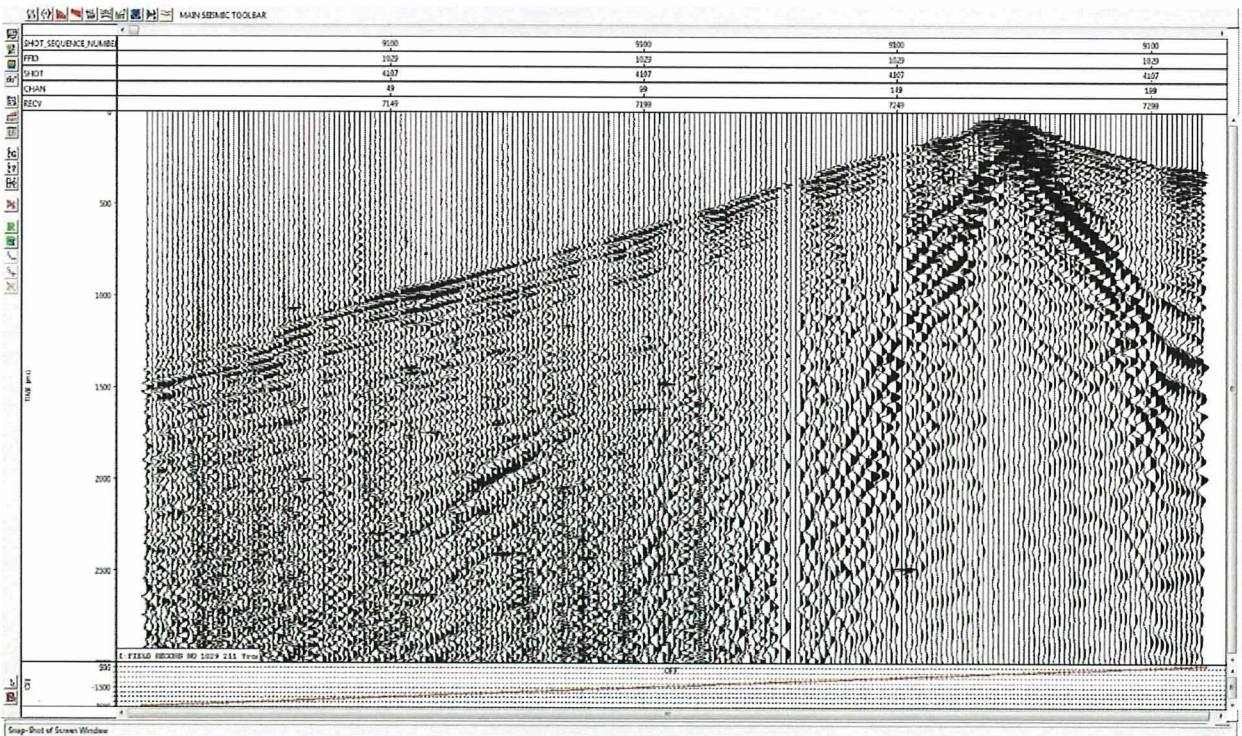


Abbildung 32: Aufzeichnung FFID 1029, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 9 m Teufe, Gesamtladung 970 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	Blatt: 36

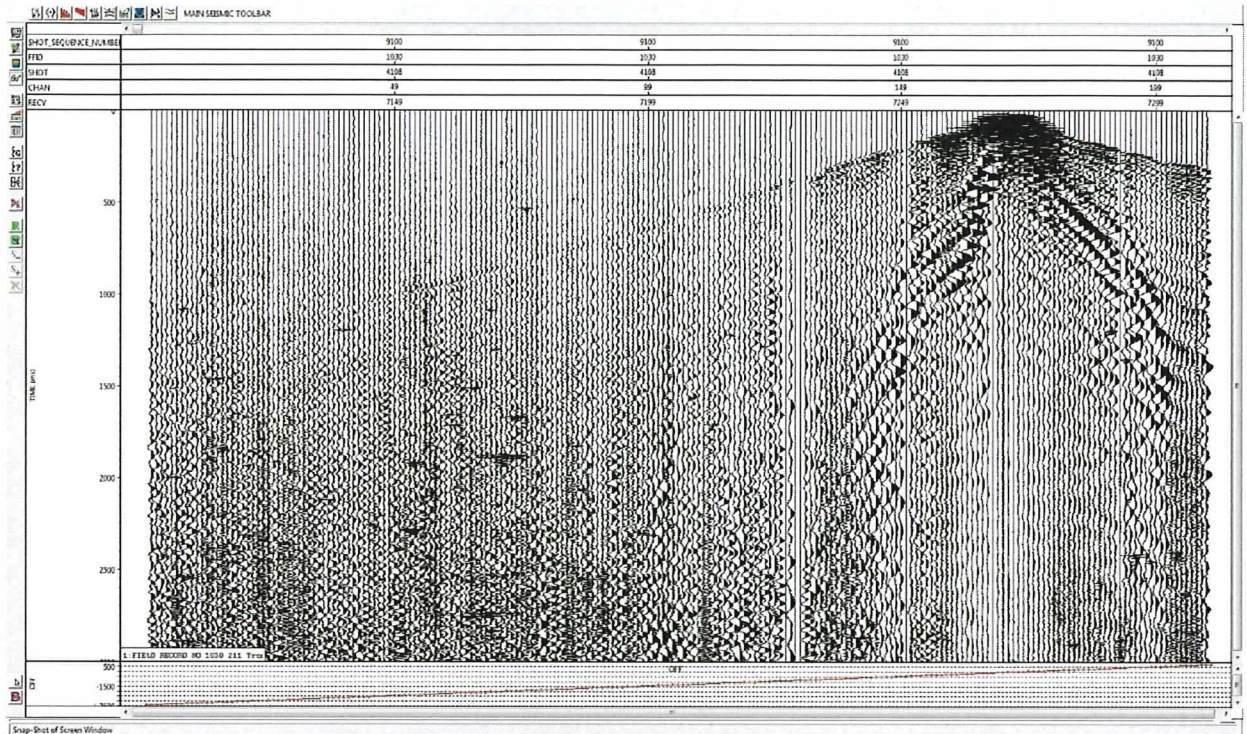


Abbildung 33: Aufzeichnung FFID 1030, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 220 g

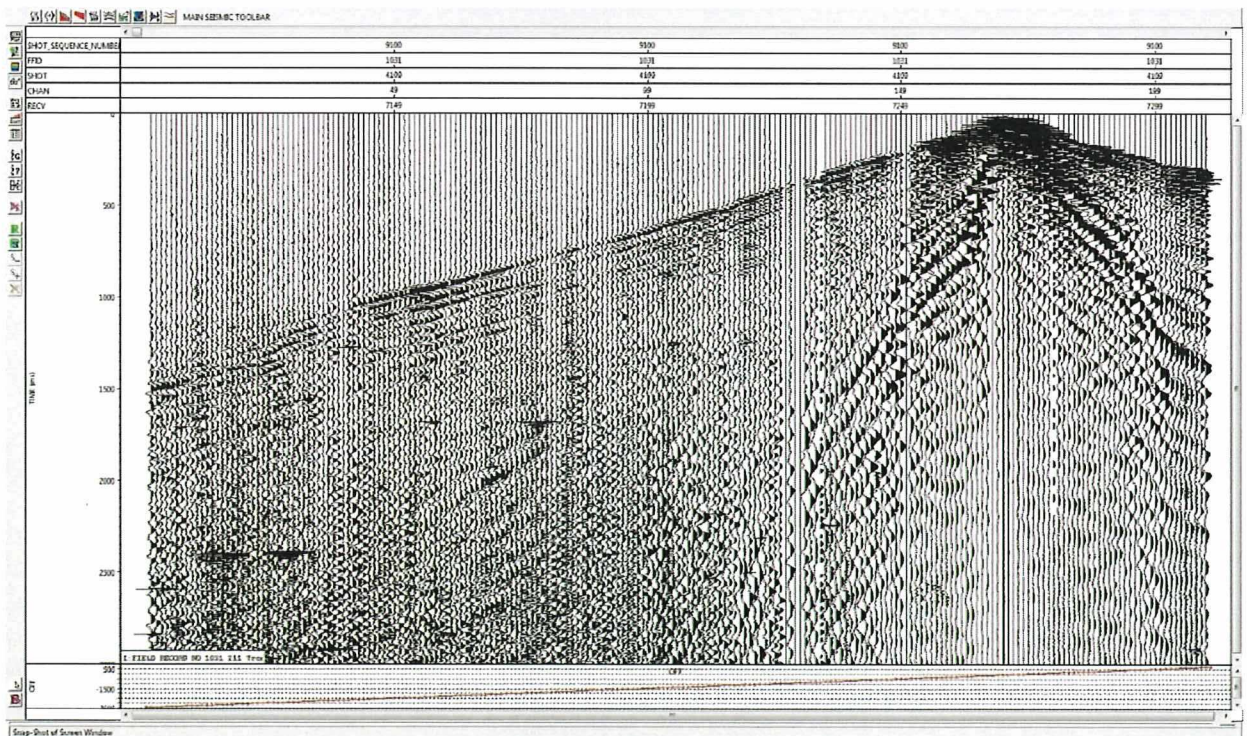



Abbildung 34: Aufzeichnung FFID 1031, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 480 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asses II

Blatt: 37

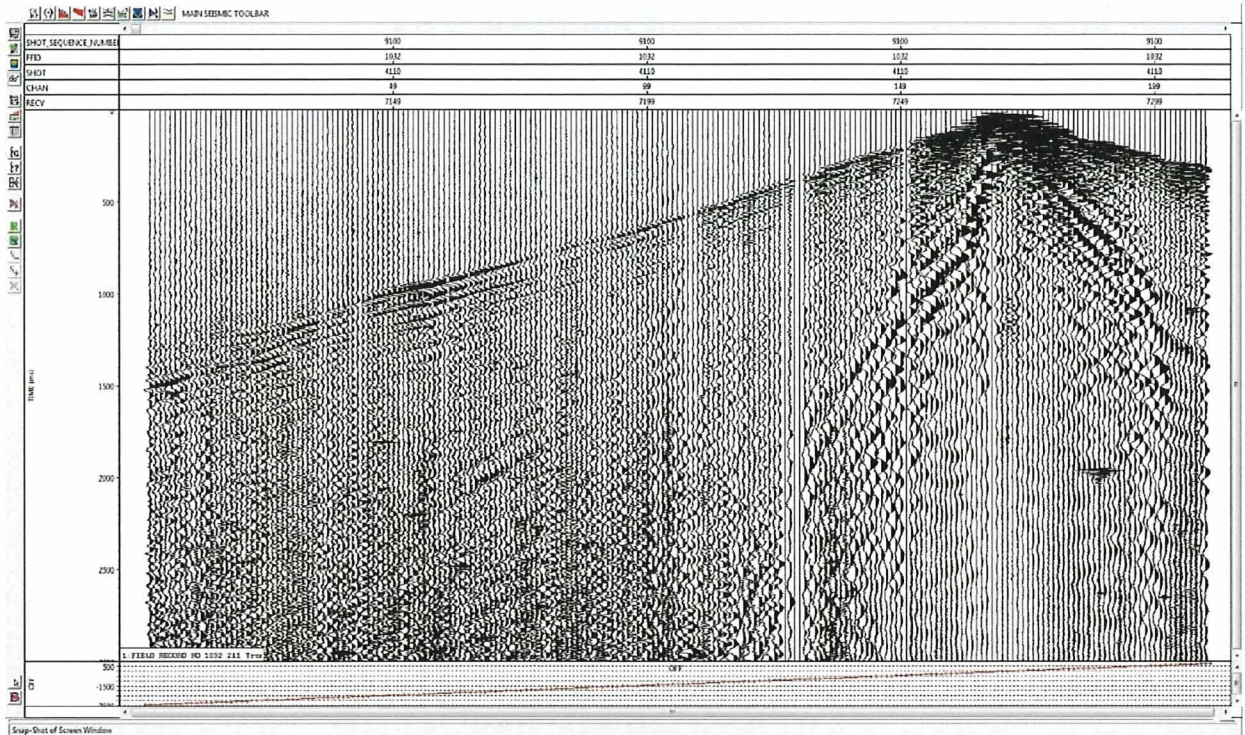



Abbildung 35: Aufzeichnung FFID 1032, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 15 m Teufe, Gesamtladung 660 g



Abbildung 36: Aufzeichnung FFID 1033, Anregungslinie 9100, Einzelbohrung mit 15 m Tiefe, Gesamtladung 970 g

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the context of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 38

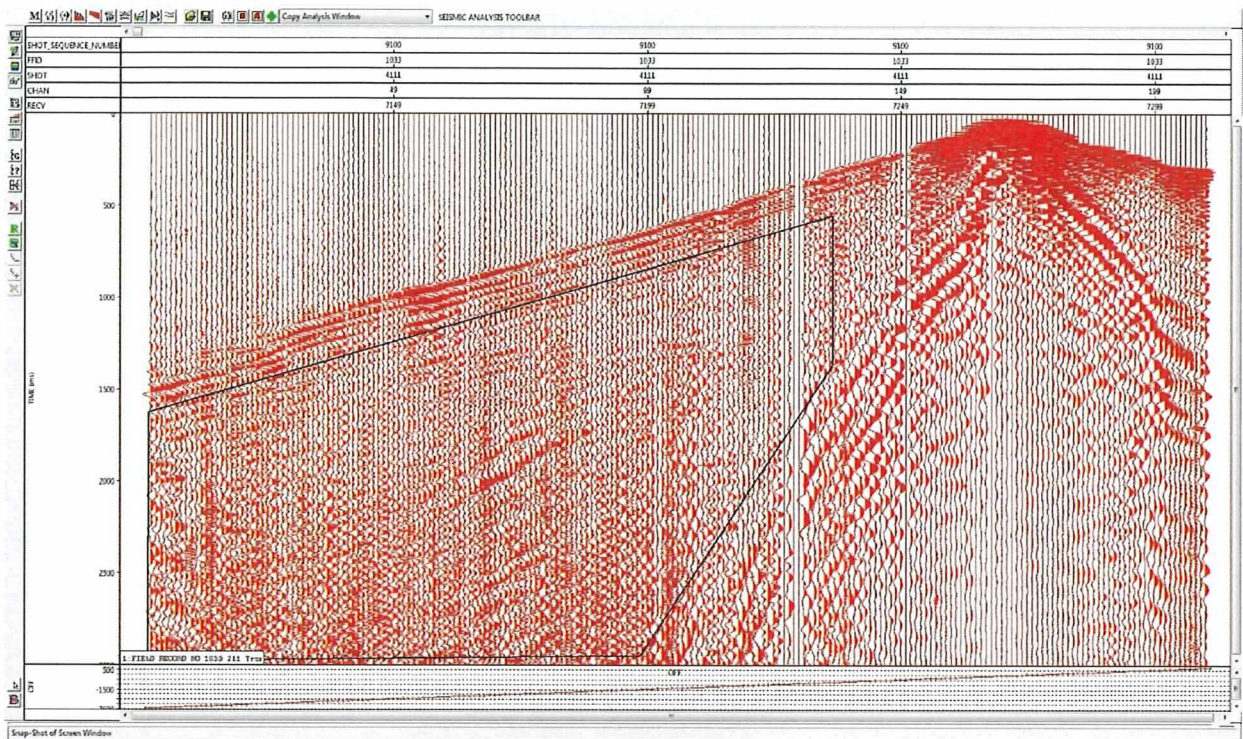


Abbildung 37: Spektralanalysefenster (schwarze Kontur) für die Anregungslinie 9100

Tabelle 5: Umriss des Untersuchungsfensters der Spektralanalyse für die Anregungslinie 9100

(Die nicht ganzzahligen Spurnummern resultieren aus der Lage des Untersuchungsfensters zwischen den Spuren)

Spurnummer	Zeit [ms]
136,575	552,913
136,447	1366,231
98,516	2946,492
1,254	2975,030
1,510	1623,068
136,575	552,913

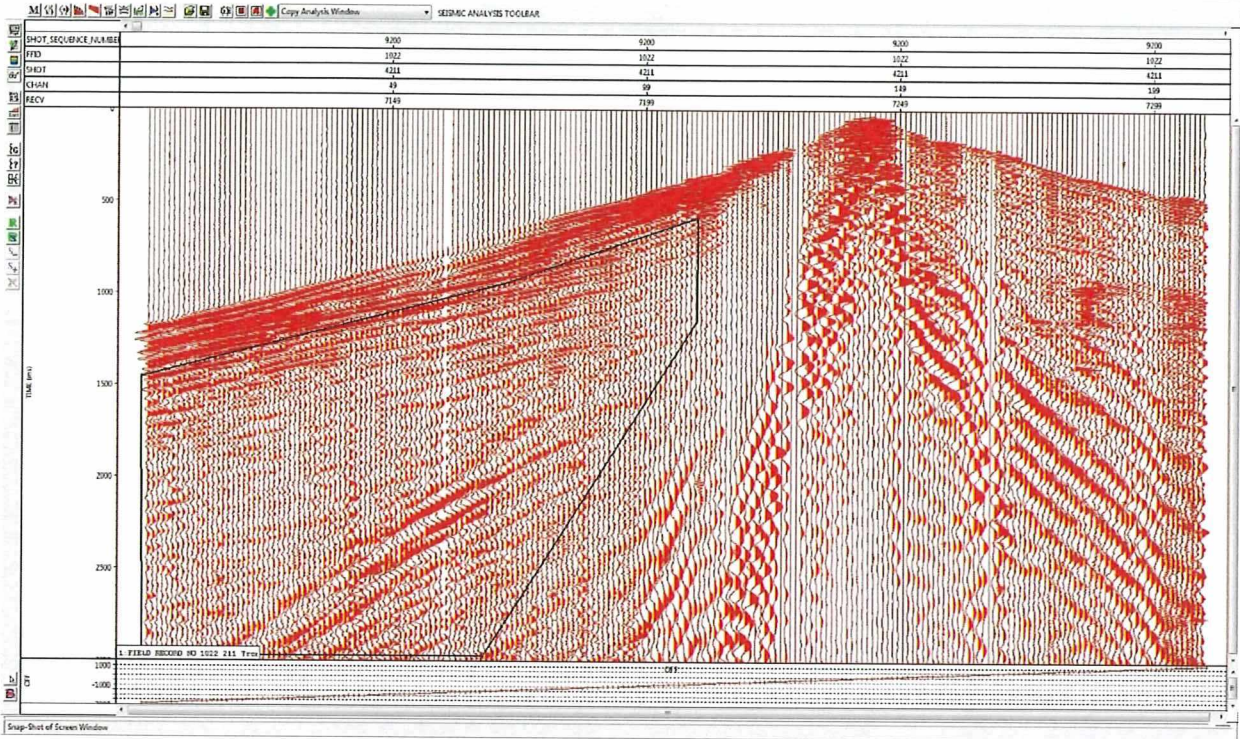



Abbildung 38: Spektralanalysefenster (schwarzer Umriss) für die Anregungslinie 9200

Tabelle 6: Umriss des Untersuchungsfensters der Spektralanalyse für die Anregungslinie 9200

(Die nicht ganzzahligen Spurnummern resultieren aus der Lage des Untersuchungsfensters zwischen den Spuren)

Spurnummer	Zeit [ms]
110,305	581,450
110,049	1145,065
68,273	2971,462
0,869	2967,895
0,485	1455,410
71,990	945,303
110,305	581,450

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 40

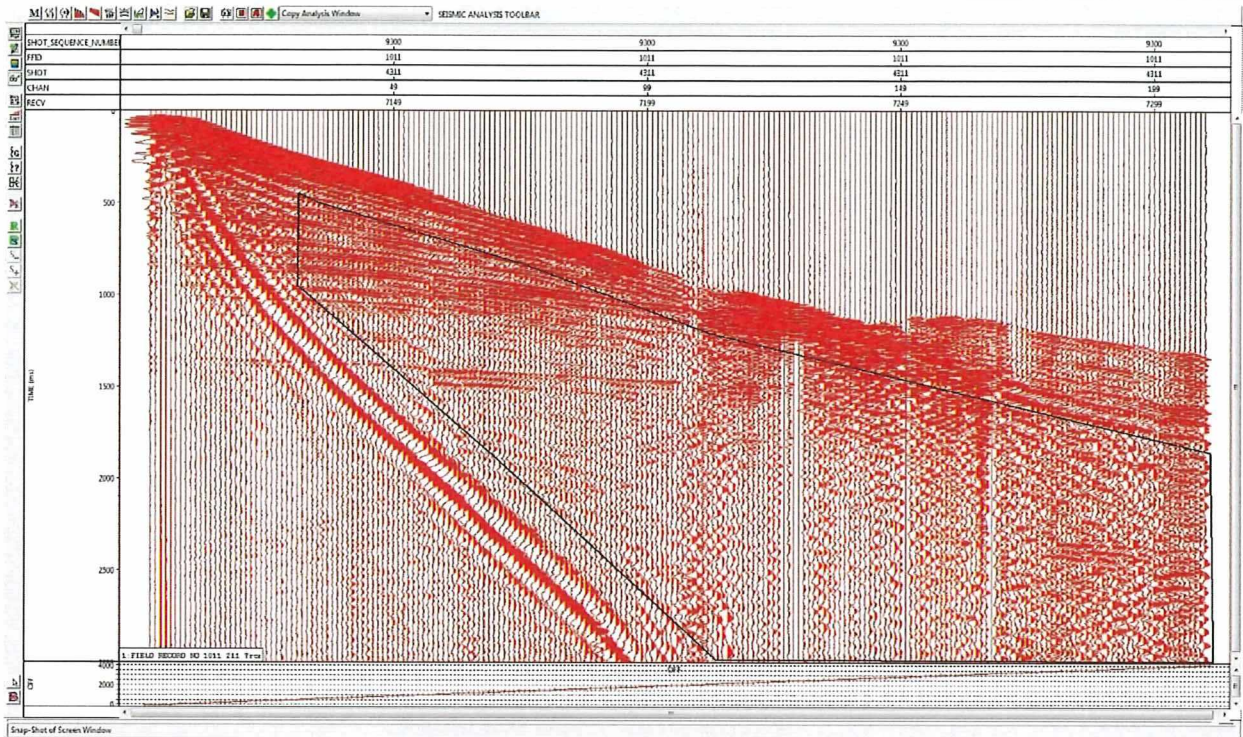



Abbildung 39: Spektralanalysefenster (schwarzer Umriss) für die Anregungslinie 9300

Tabelle 7: Umriss des Untersuchungsfensters der Spektralanalyse für die Anregungslinie 9300

(Die nicht ganzzahligen Spurnummern resultieren aus der Lage des Untersuchungsfensters zwischen den Spuren)

Spurnummer	Zeit [ms]
113,509	2982,164
211,540	2992,865
210,899	1854,934
112,483	1212,841
74,681	824,019
35,084	499,405
31,239	449,464
30,983	948,870
69,555	1869,203
113,509	2982,164

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESellschaft
FÜR ENDLAGERUNG**

Parametertests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II

Blatt: 41

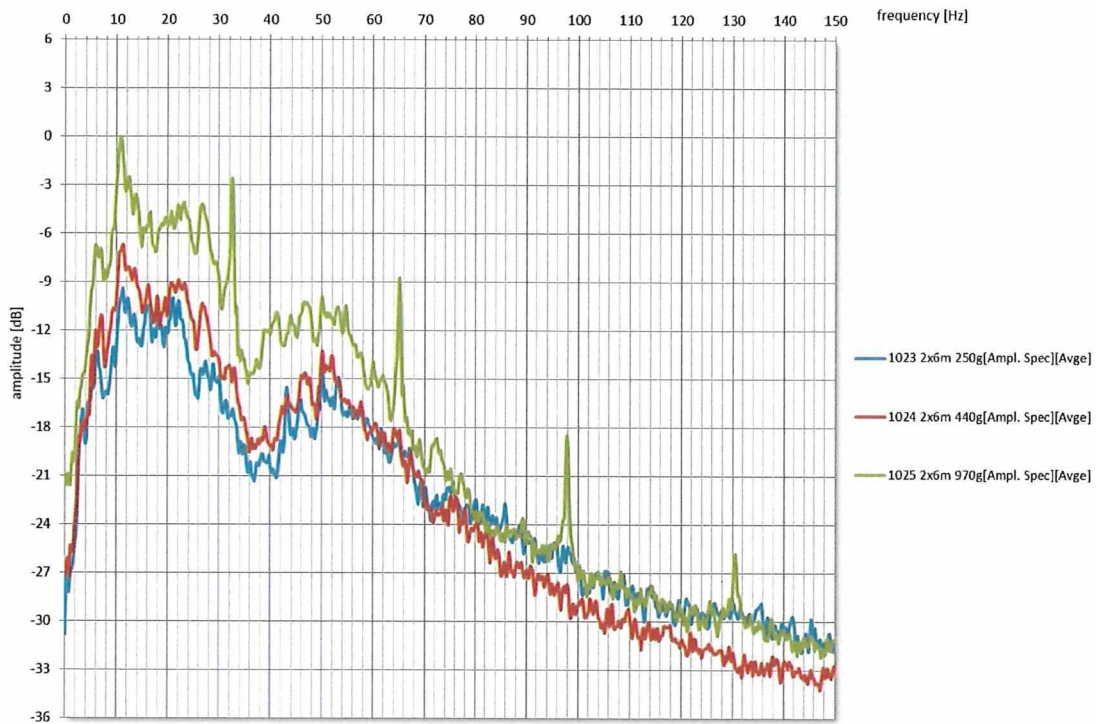


Abbildung 40: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Dublette von 6 m Tiefe auf der Anregungslinie 9100

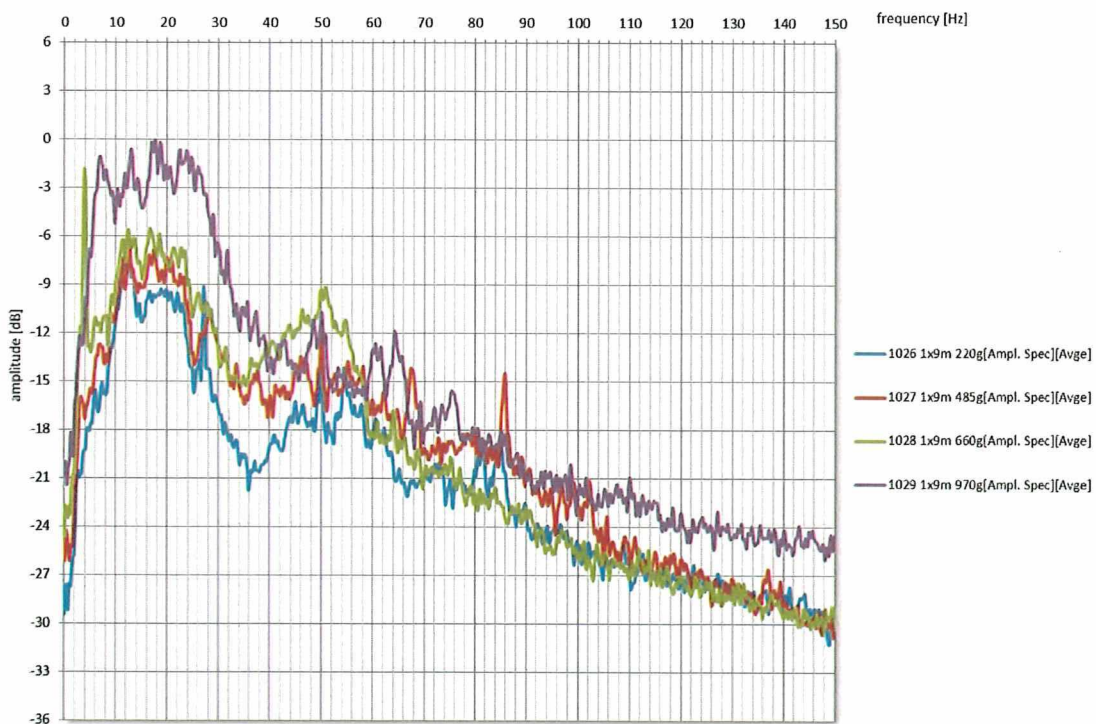



Abbildung 41: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 9 m Tiefe auf der Anregungslinie 9100

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDEGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Blatt: 42

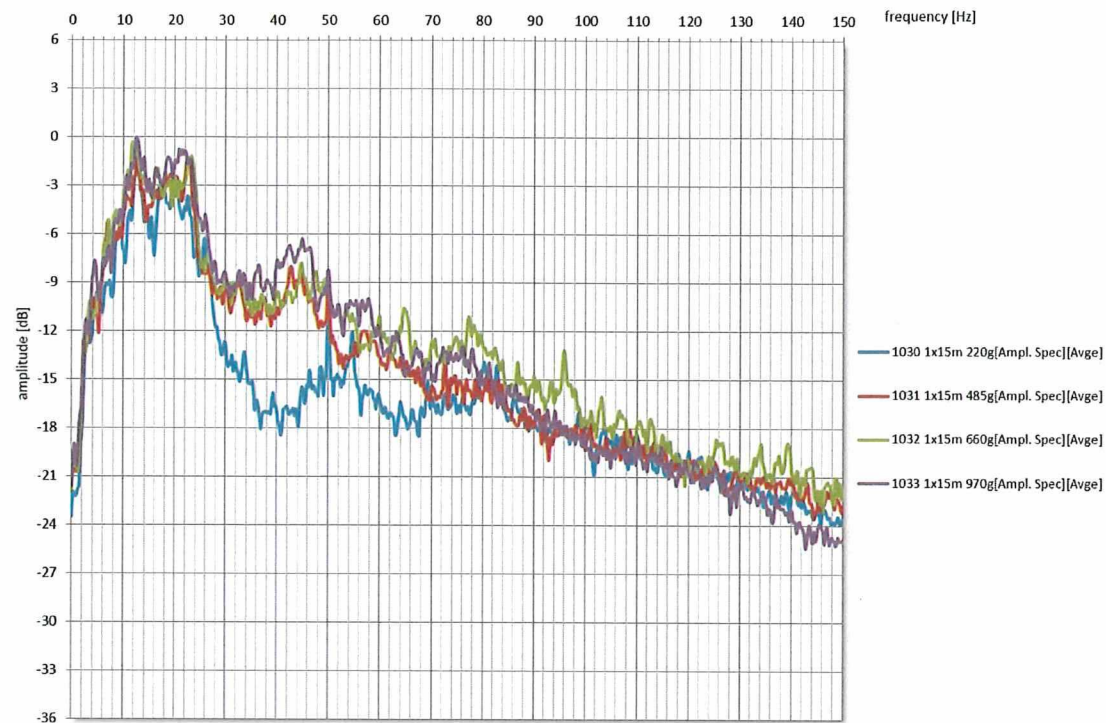


Abbildung 42: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 15 m Teufe auf der Anregungslinie 9100

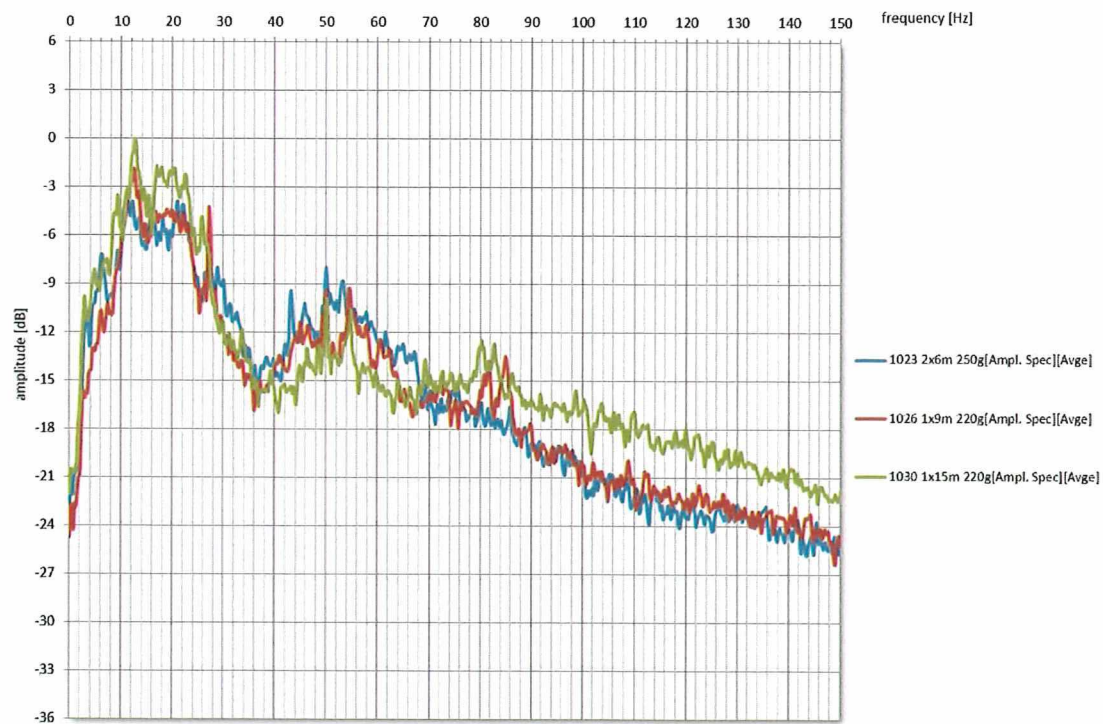



Abbildung 43: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 220 g auf der Anregungslinie 9100

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Blatt: 43

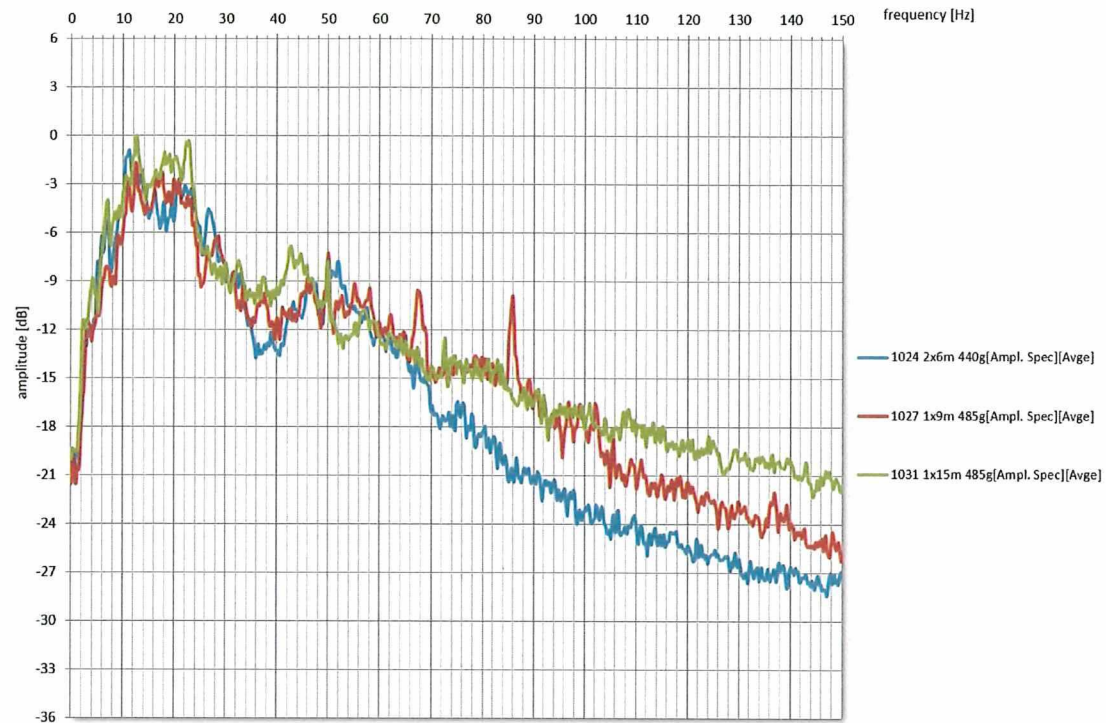


Abbildung 44: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 440 g bzw. 485 g auf der Anregungslinie 9100

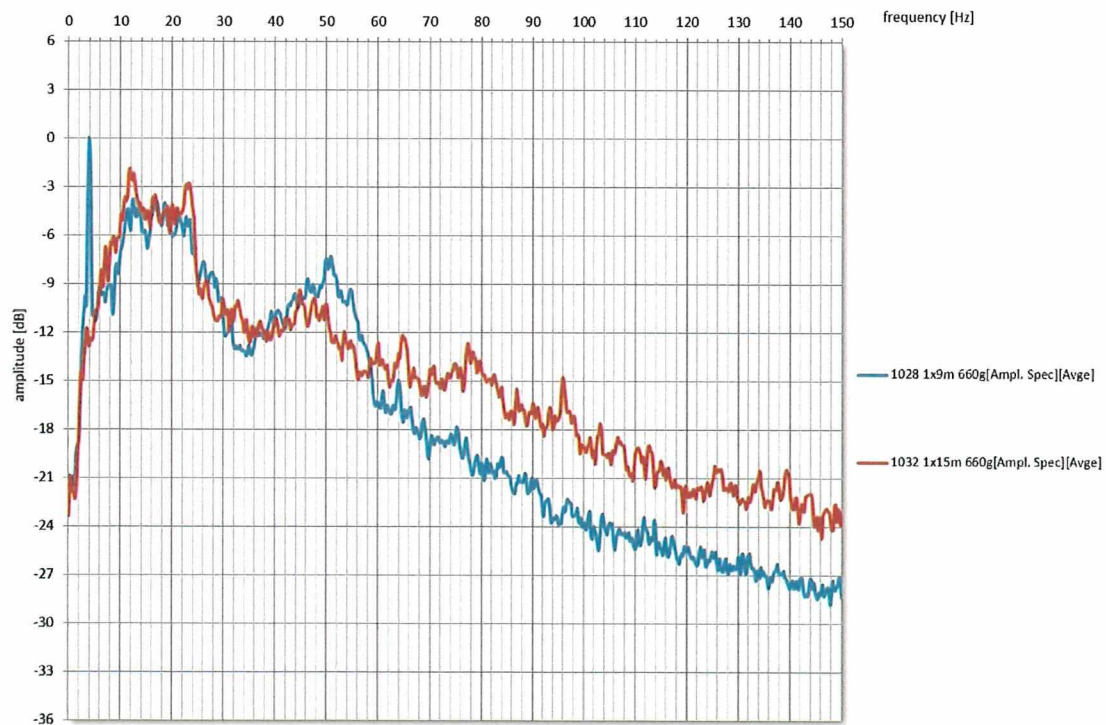



Abbildung 45: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 660 g auf der Anregungslinie 9100

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	JA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDEGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Axis II

Blatt: 44

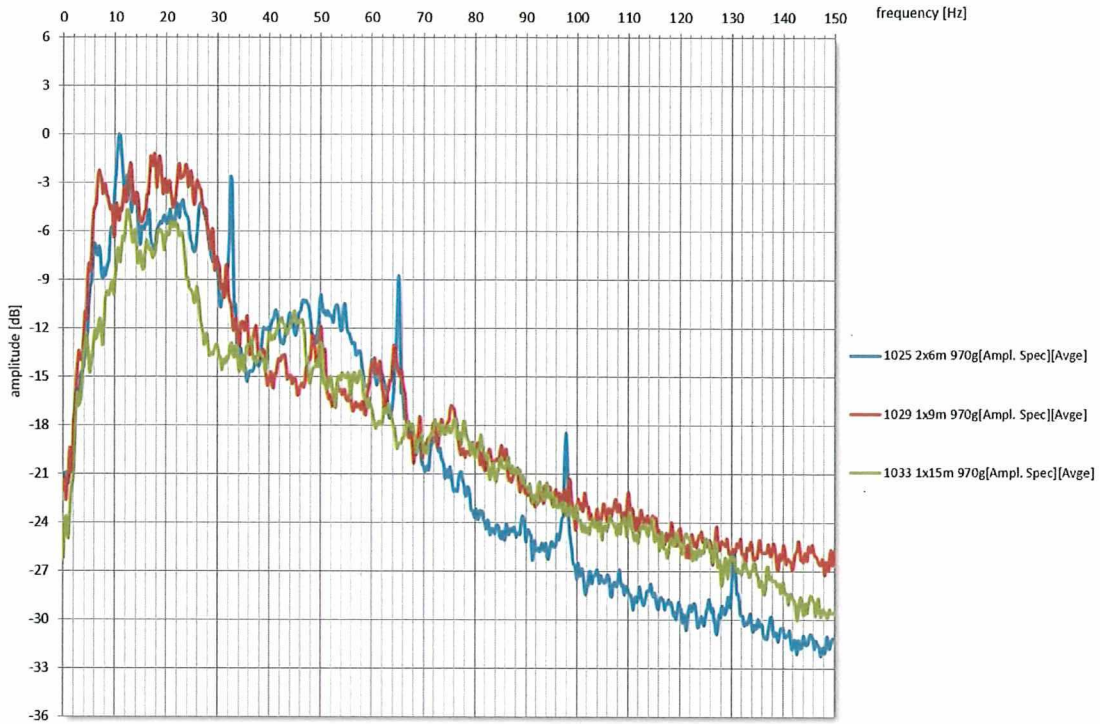


Abbildung 46: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 970 g auf der Anregungslinie 9100

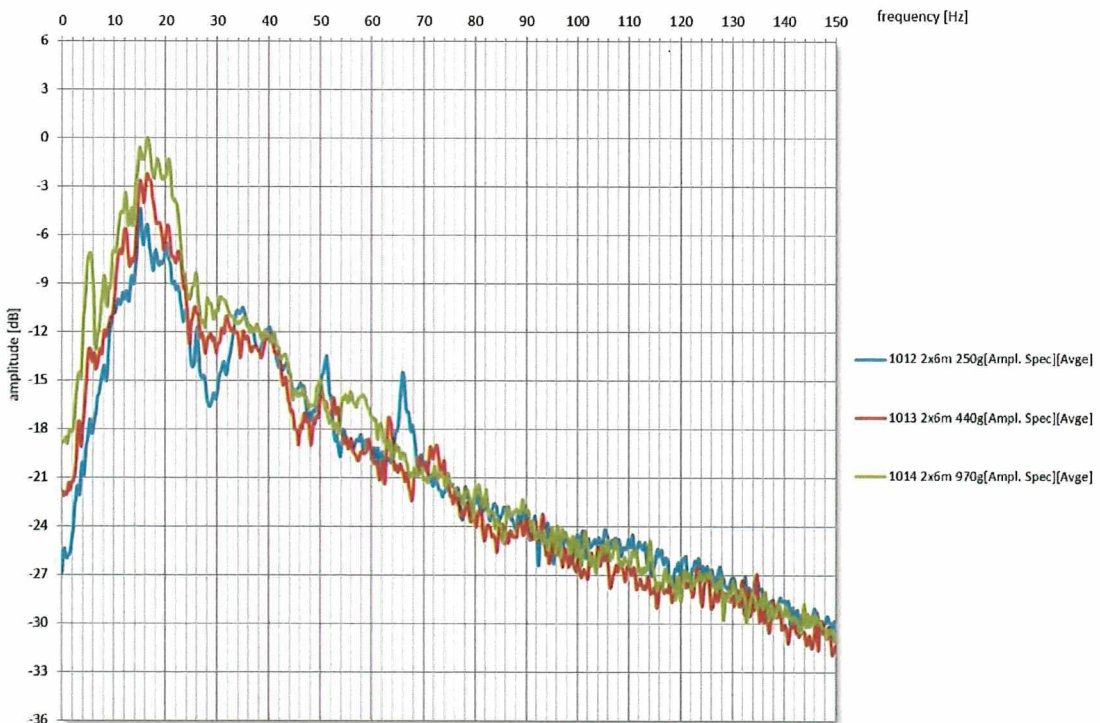



Abbildung 47: Spektralanalyse von unterschiedlichen Ladungsmengen für die Anregung aus einer Dublette von 6 m Teufe auf der Anregungslinie 9200

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Parametertests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II

Blatt: 45

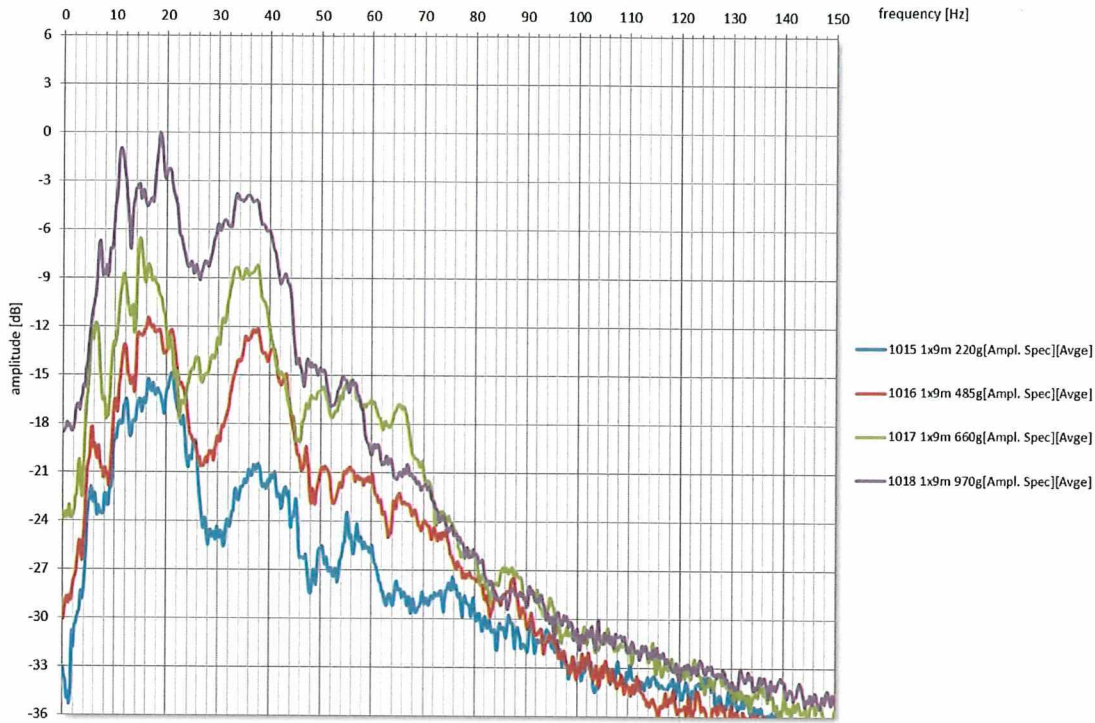


Abbildung 48: Spektralanalyse unterschiedlichen Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 12 m Teufe auf der Anregungslinie 9200

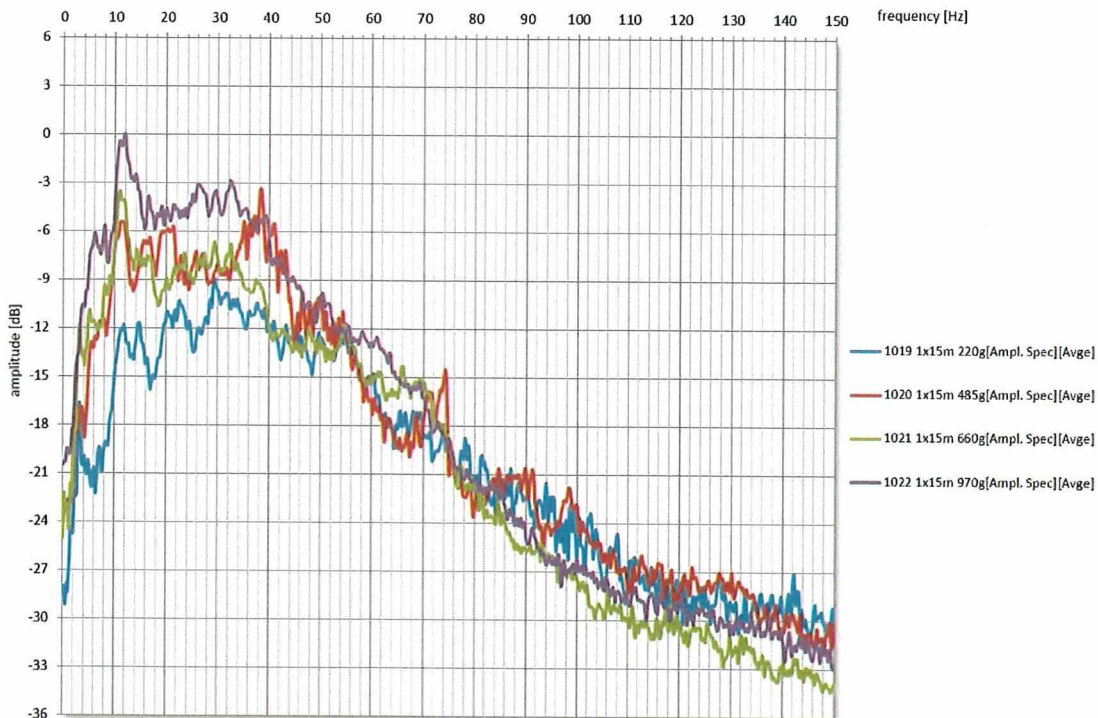



Abbildung 49: Spektralanalyse unterschiedlichen Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 15 m Teufe auf der Anregungslinie 9200

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDEGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Blatt: 46

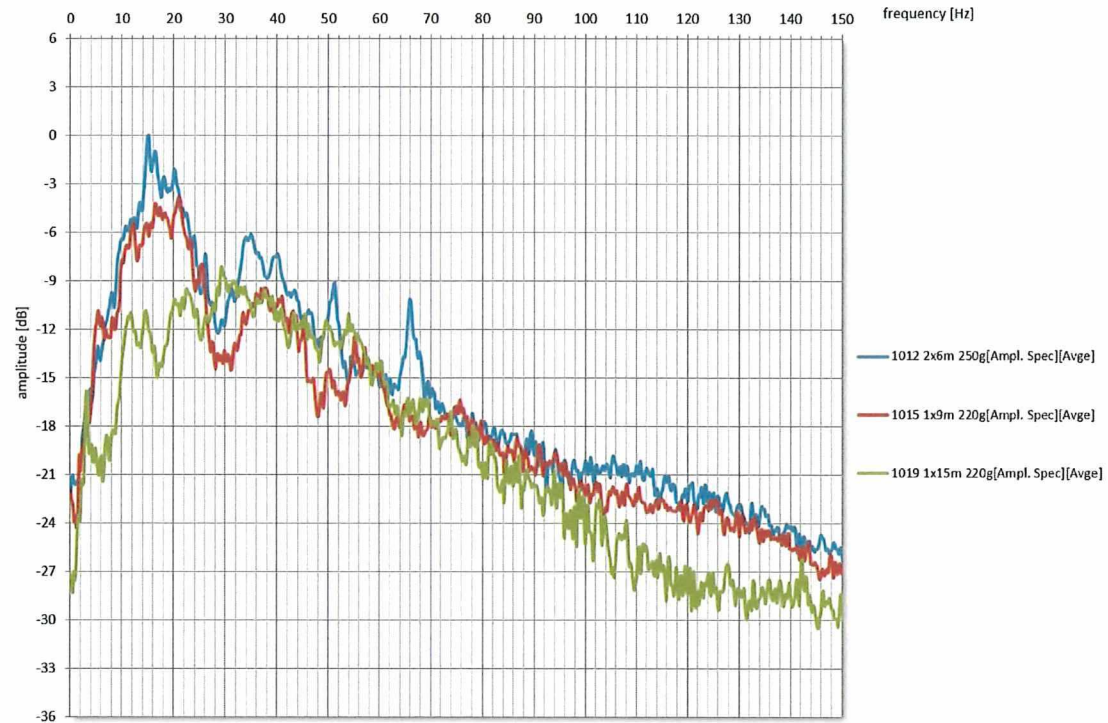


Abbildung 50: Spektralanalyse unterschiedlicher Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 220 g auf der Anregungslinie 9200

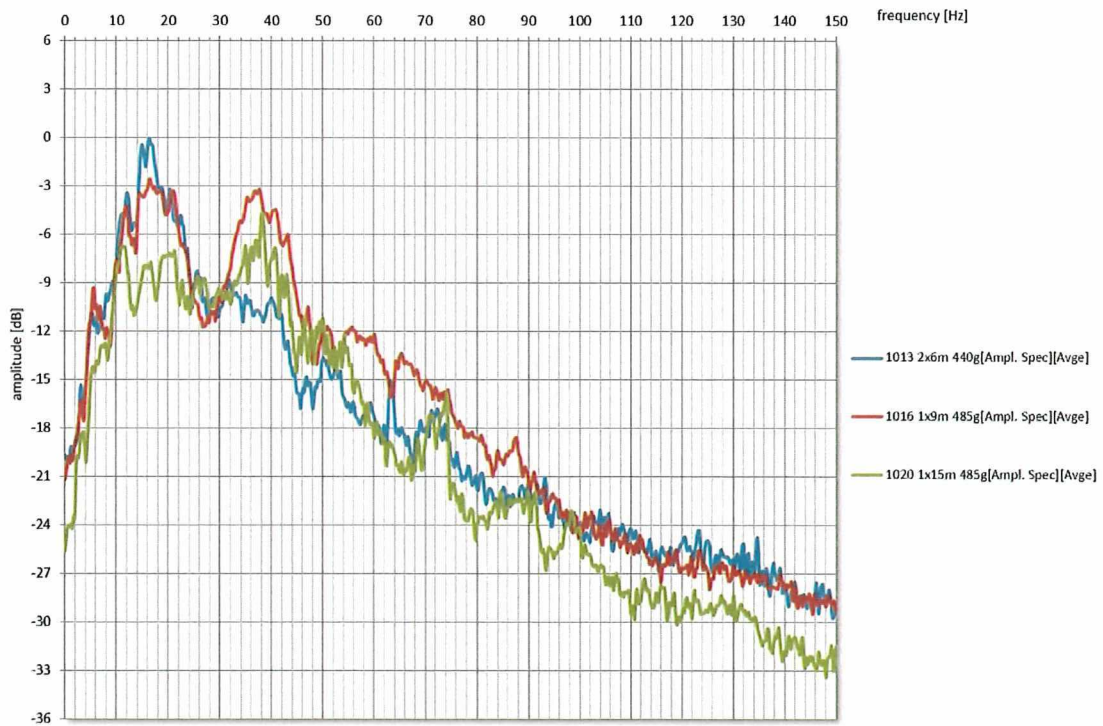



Abbildung 51: Spektralanalyse unterschiedlichen Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 440 g bzw. 485 g auf der Anregungslinie 9200

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Blatt: 47

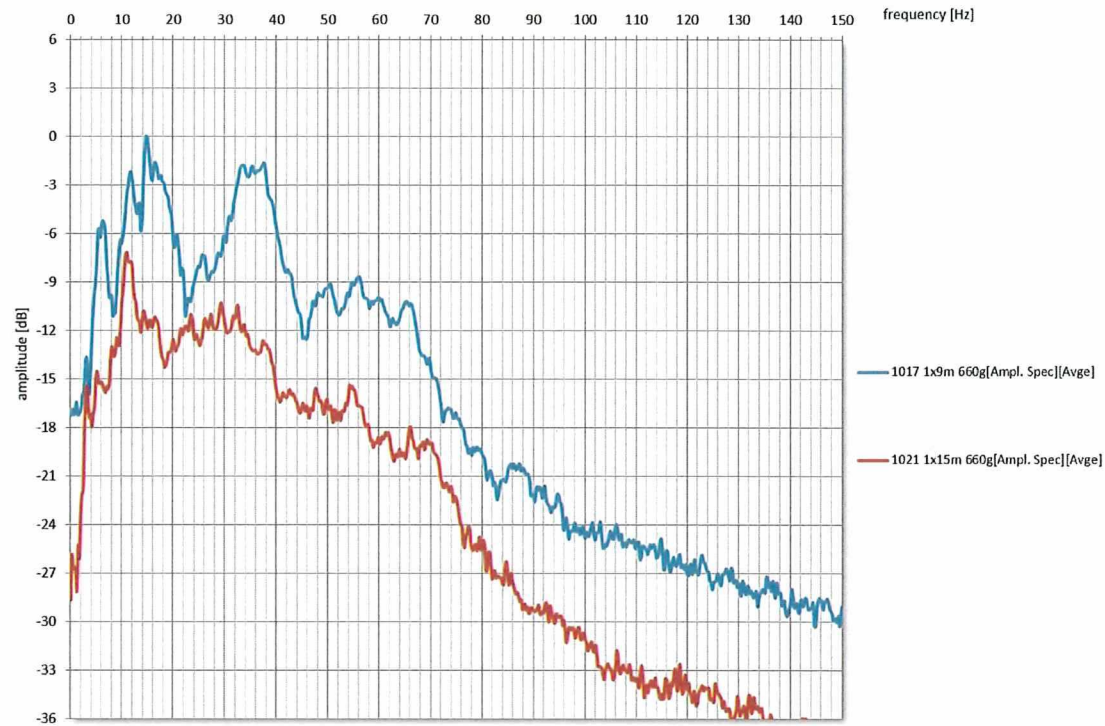


Abbildung 52: Spektralanalyse unterschiedlicher Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 660 g auf der Anregungslinie 9200

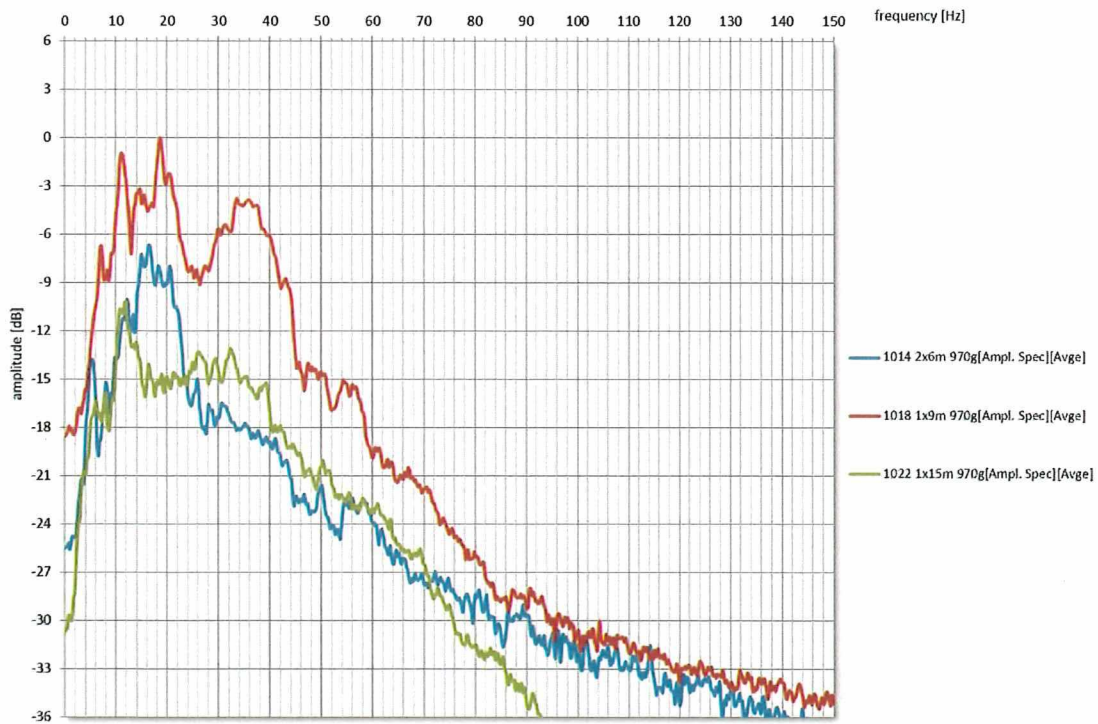



Abbildung 53: Spektralanalyse unterschiedlicher Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 970 g auf der Anregungslinie 9200

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Axis II	Blatt: 48
--	-----------

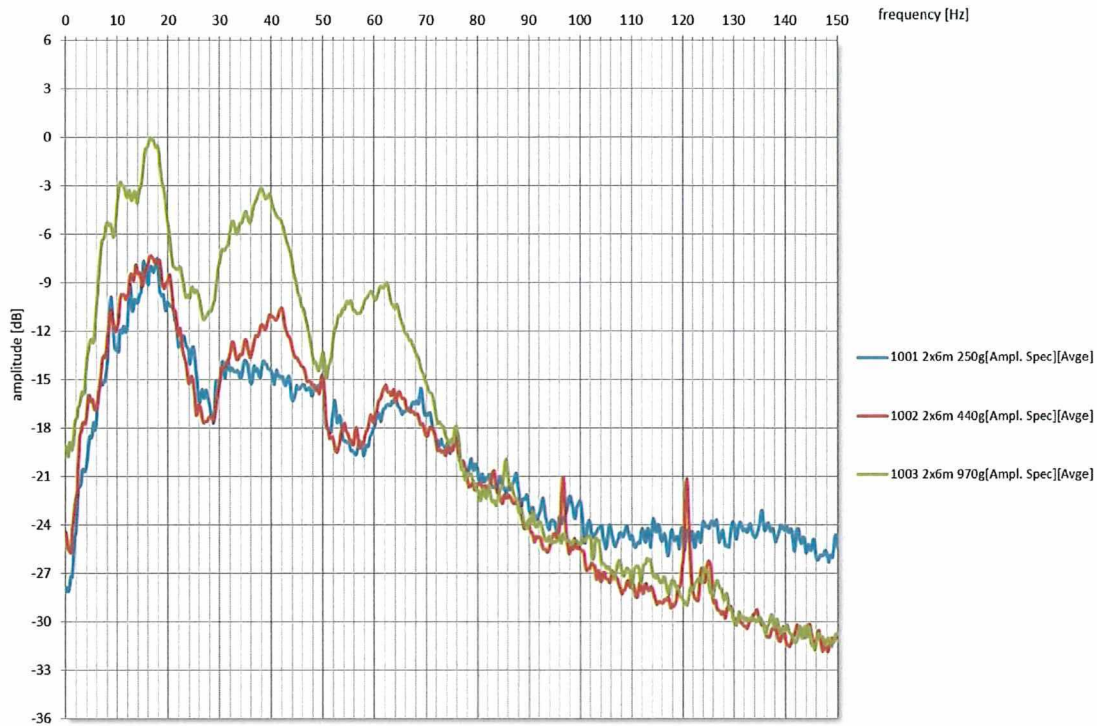


Abbildung 54: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Dublette von 6 m Teufe auf der Anregungslinie 9300

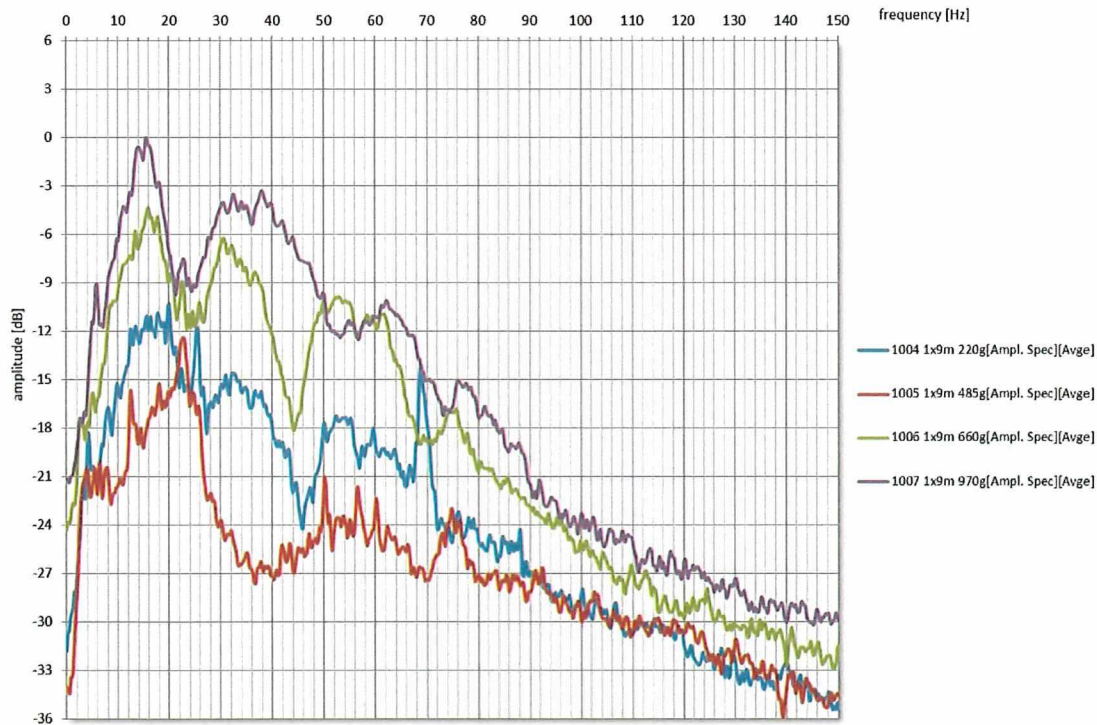


Abbildung 55: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 12 m Teufe auf der Anregungslinie 9300

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	Blatt: 49

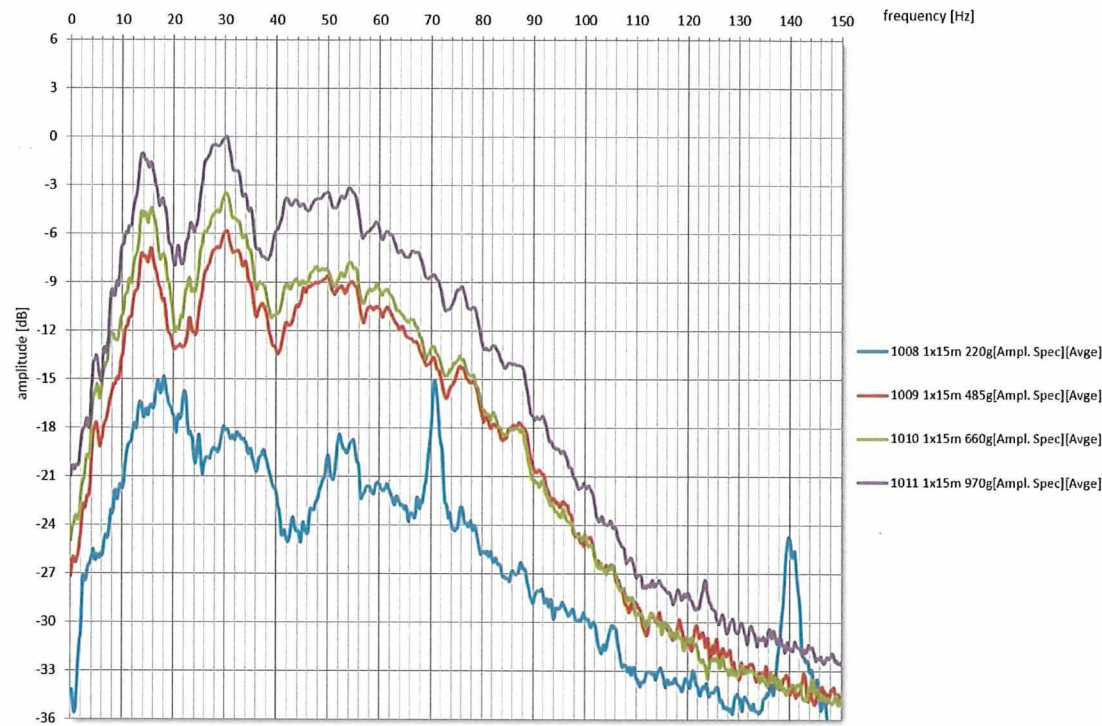


Abbildung 56: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 15 m Tiefe auf der Anregungslinie 9300

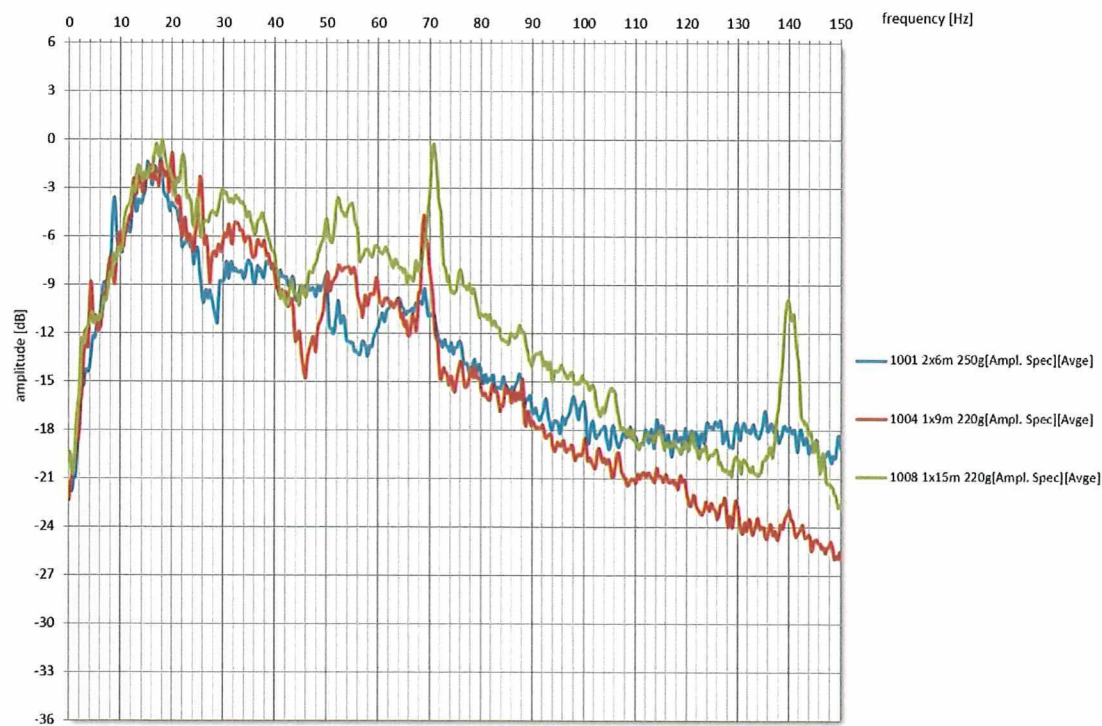



Abbildung 57: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 220 g auf der Anregungslinie 9300

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Axis II

Blatt: 50

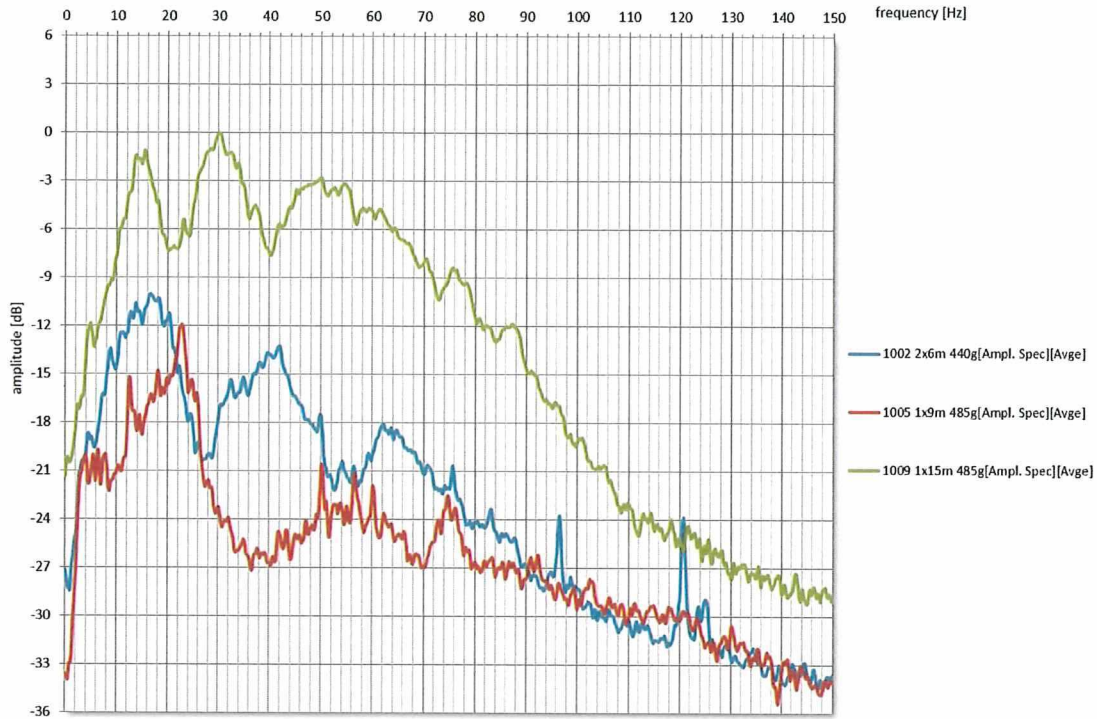


Abbildung 58: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 440 g bzw. 485 g auf der Anregungslinie 9300

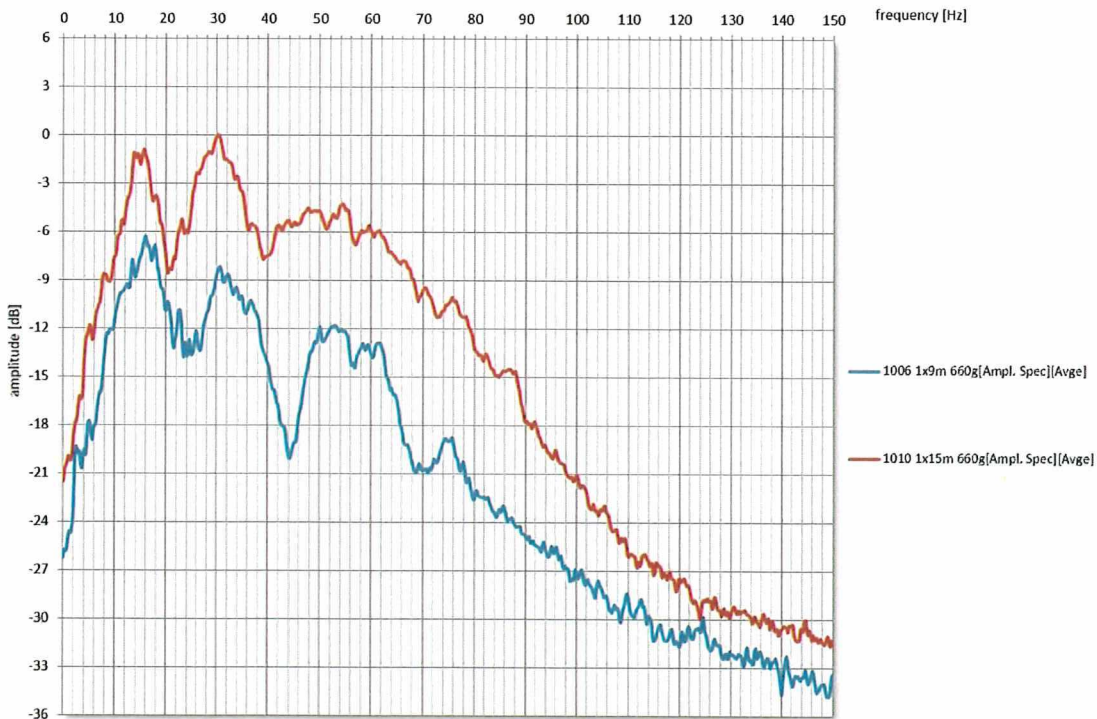



Abbildung 59: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 660 g auf der Anregungslinie 9300

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parametertests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II

Blatt: 51

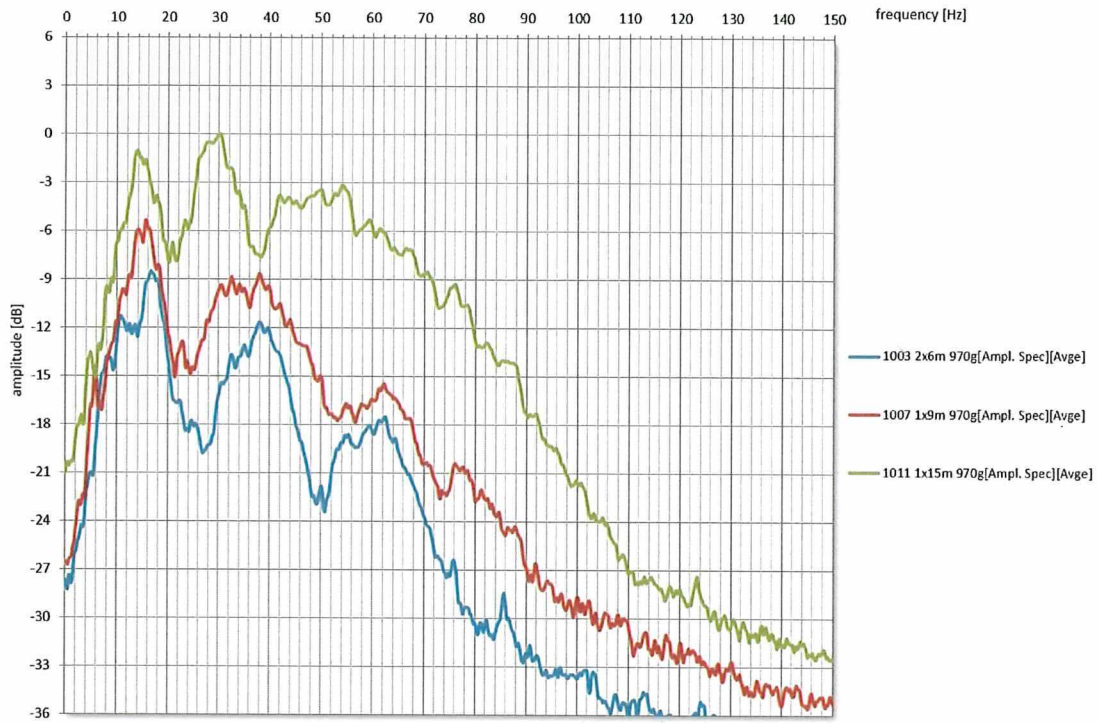



Abbildung 60: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 970 g auf der Anregungslinie 9300

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the context of 3D - Seismic Axis II

Blatt: 52

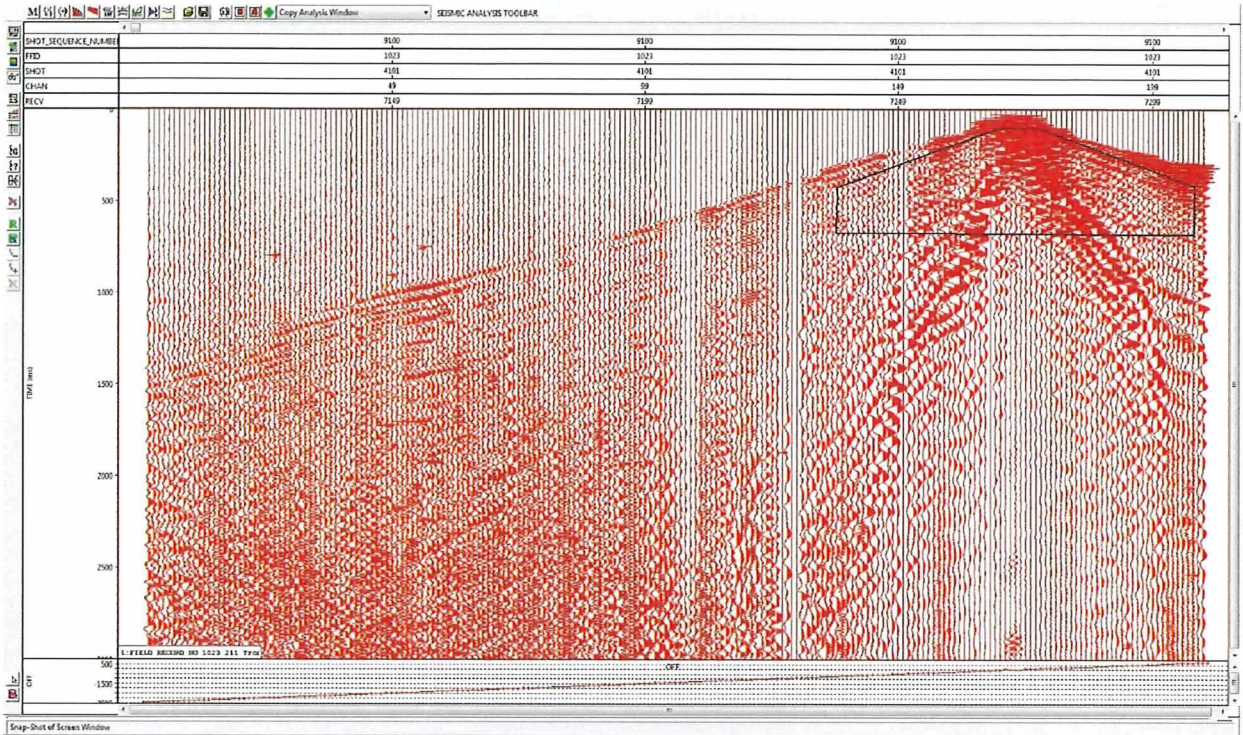



Abbildung 61: Spektralanalysefenster (schwarzer Umriss) für die Anregungslinie 9100

Tabelle 8: Umriss des Untersuchungsfensters der Spektralanalyse für die Anregungslinie 9100

(Die nicht ganzzahligen Spurnummern resultieren aus der Lage des Untersuchungsfensters zwischen den Spuren)

Spurnummer	Zeit [ms]
137,984786	420,927467
169,252194	103,448276
177,837917	103,448276
208,208309	417,360285
208,208309	681,331748
137,600351	670,630202
137,984786	420,927467

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests in the context of 3D - Seismic Axis II									Blatt: 53

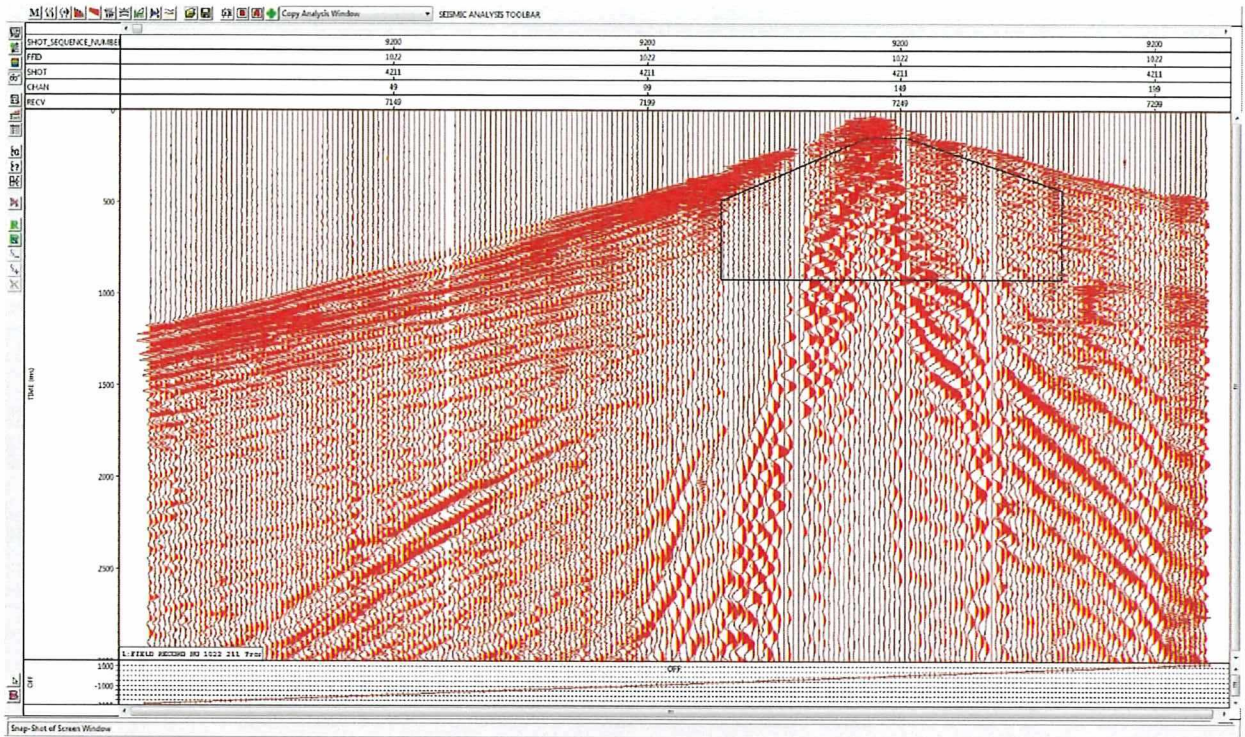



Abbildung 62: Spektralanalysefenster (schwarzer Umriss) für die Anregungslinie 9200

Tabelle 9: Umriss des Untersuchungsfensters der Spektralanalyse für die Anregungslinie 9200

(Die nicht ganzzahligen Spurnummern resultieren aus der Lage des Untersuchungsfensters zwischen den Spuren)

Spurnummer	Zeit [ms]
114,636432	919,628832
181,720286	923,251155
181,664799	432,426433
151,146917	148,074104
143,600677	144,451781
114,636432	490,383596
114,636432	919,628832

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the context of 3D - Seismic Axis II

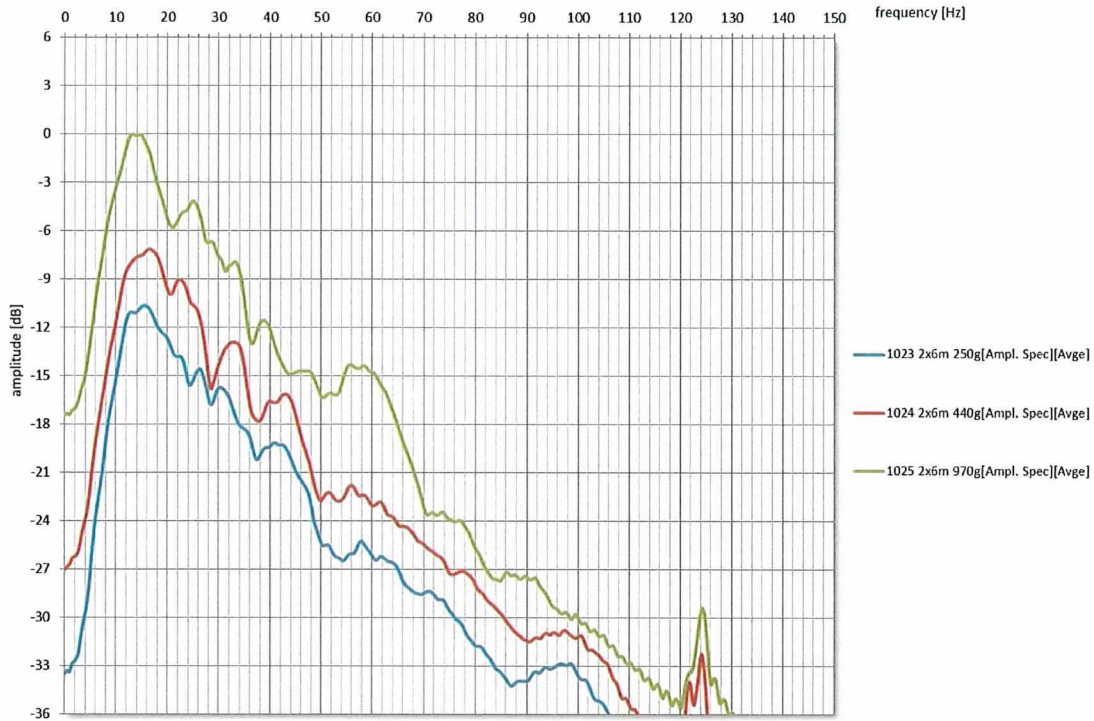


Abbildung 63: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Dublette von 6 m Teufe auf der Anregungslinie 9100

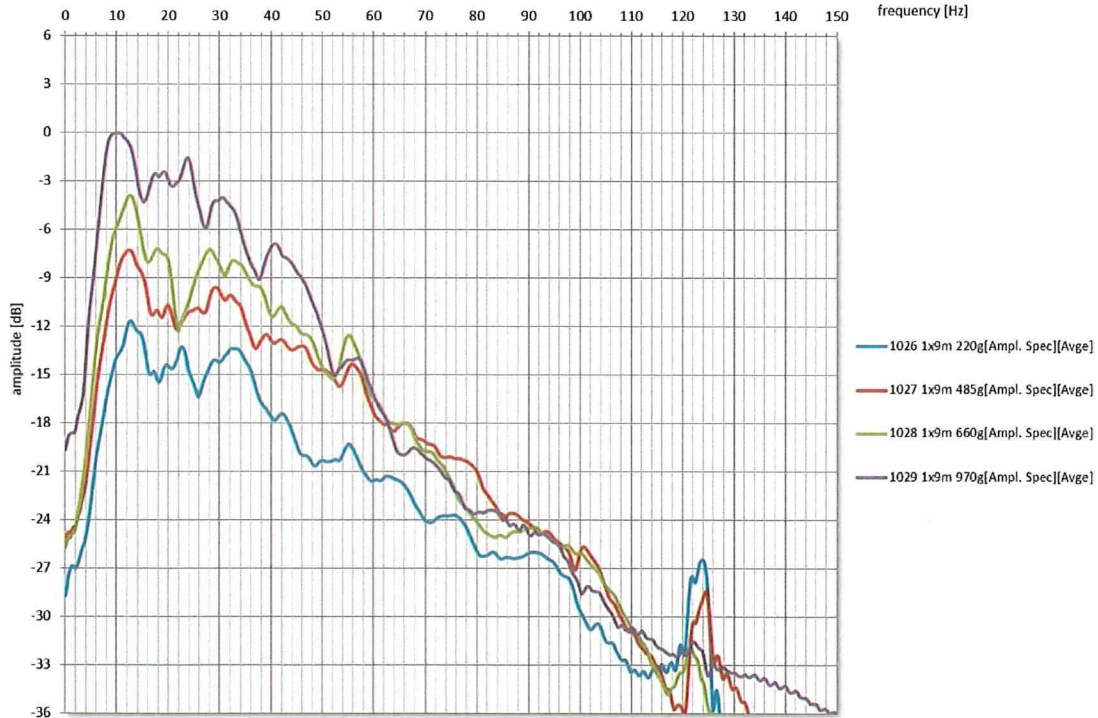



Abbildung 64: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 9 m Teufe auf der Anregungslinie 9100

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Blatt: 55

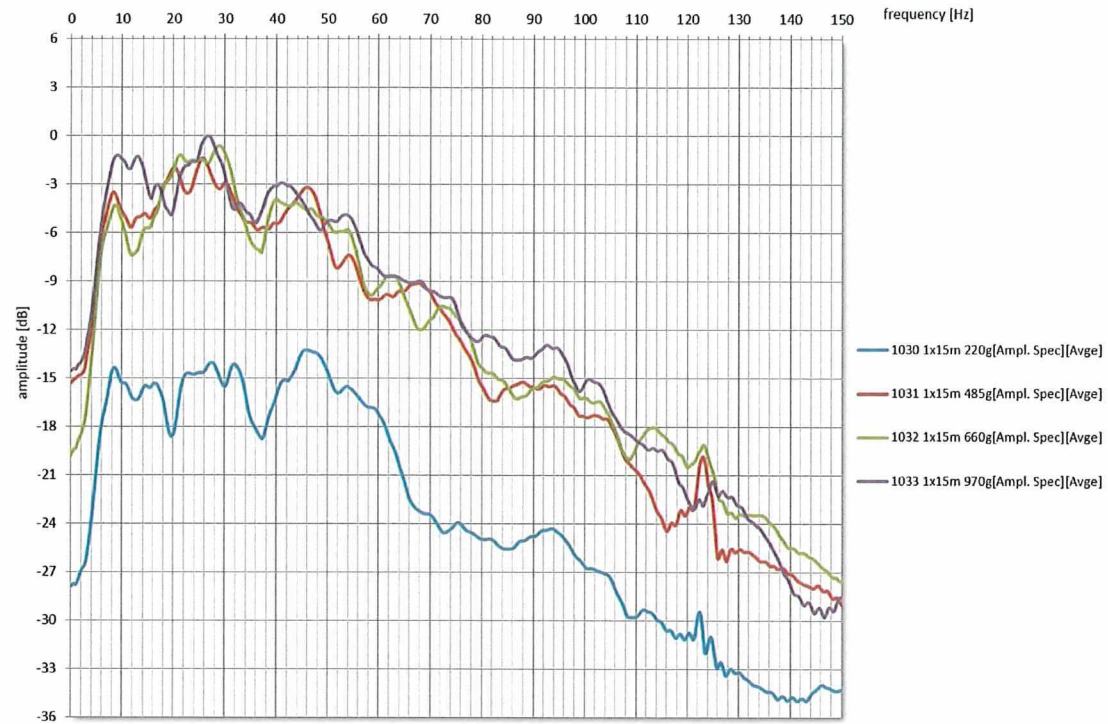


Abbildung 65: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 15 m Tiefe auf der Anregungslinie 9100

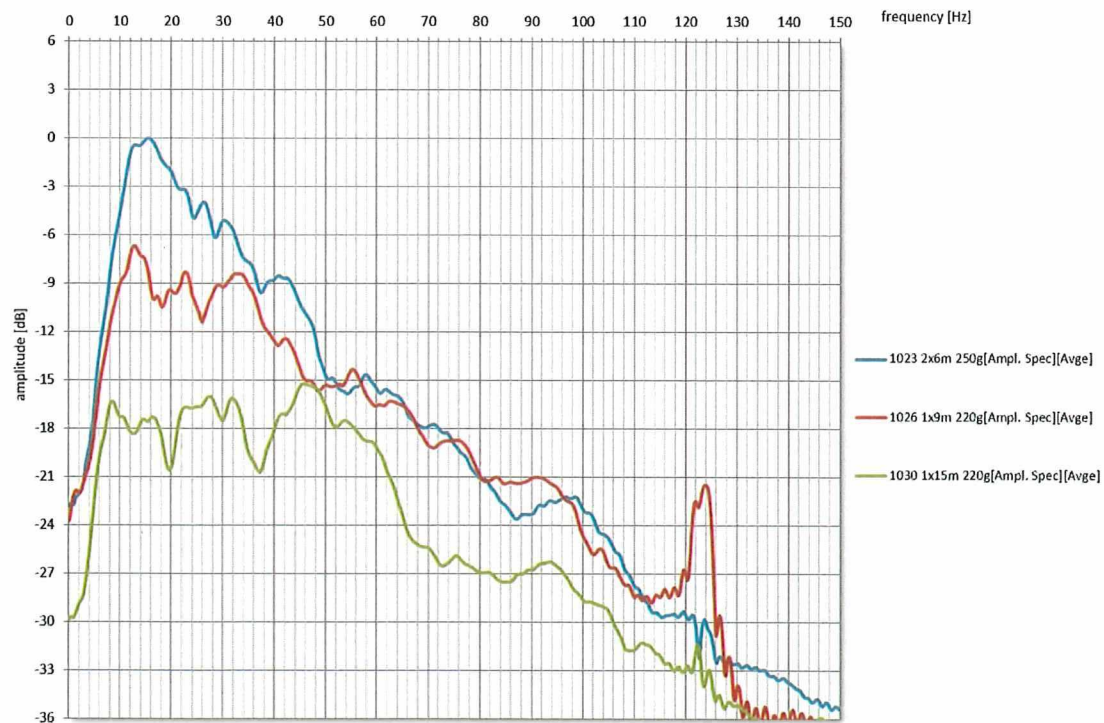



Abbildung 66: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 220 g auf der Anregungslinie 9100

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDEGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Blatt: 56

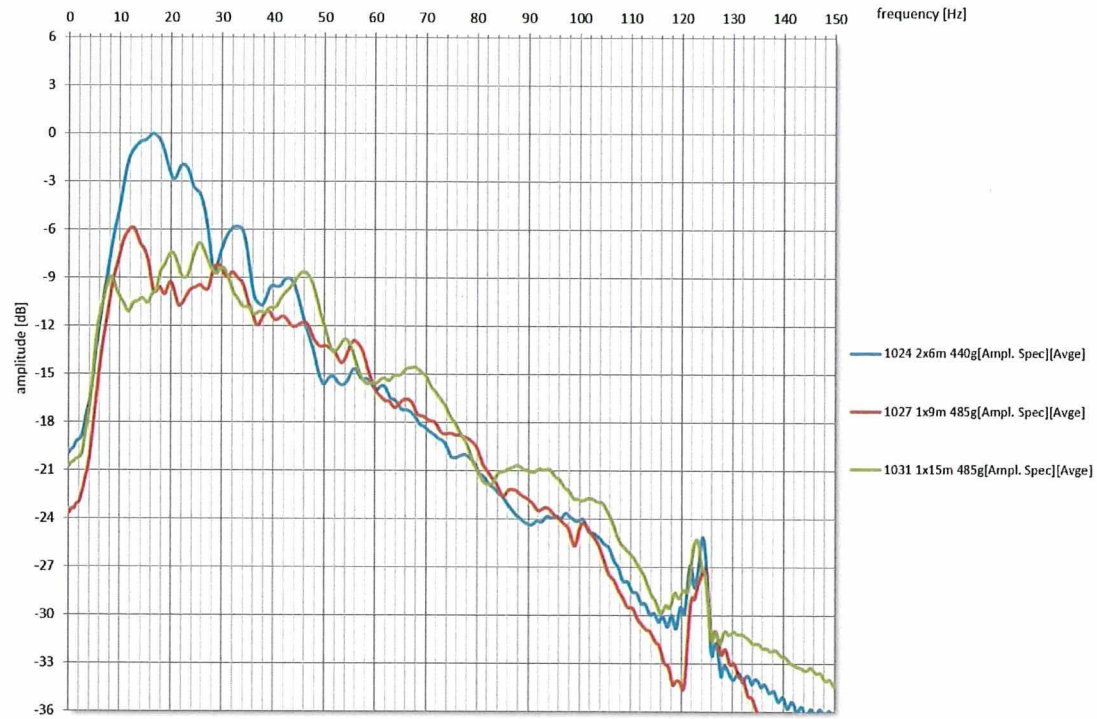


Abbildung 67: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 440 g bzw. 485 g auf der Anregungslinie 9100

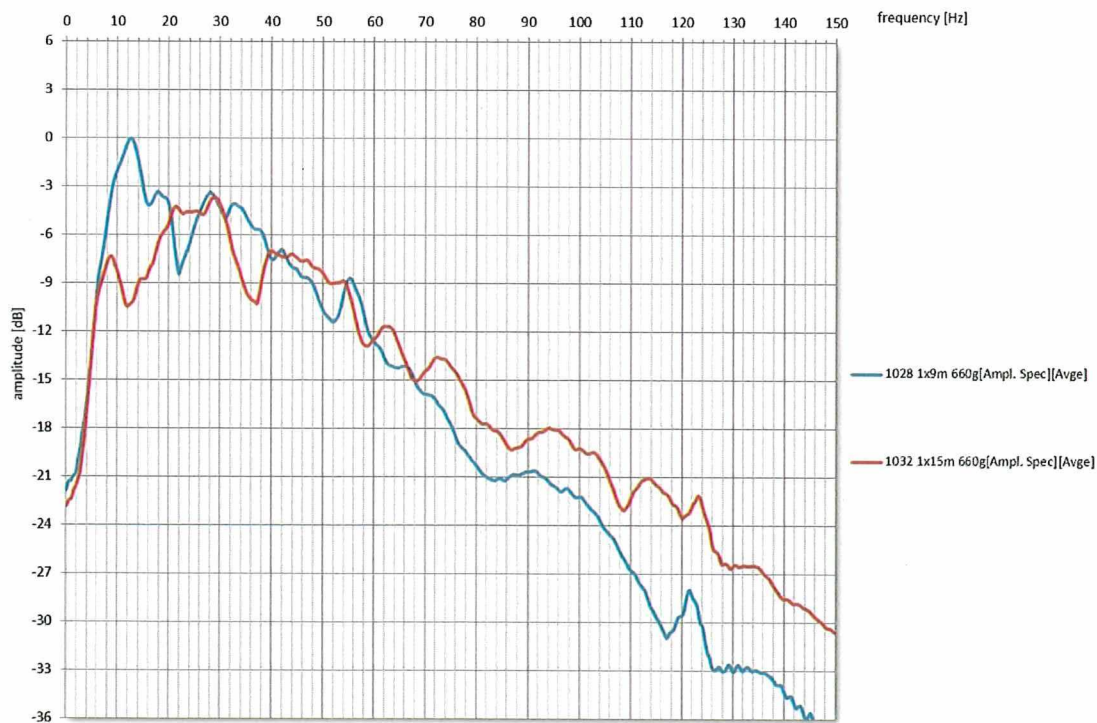


Abbildung 68: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 660 g auf der Anregungslinie 9100

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	Blatt: 57

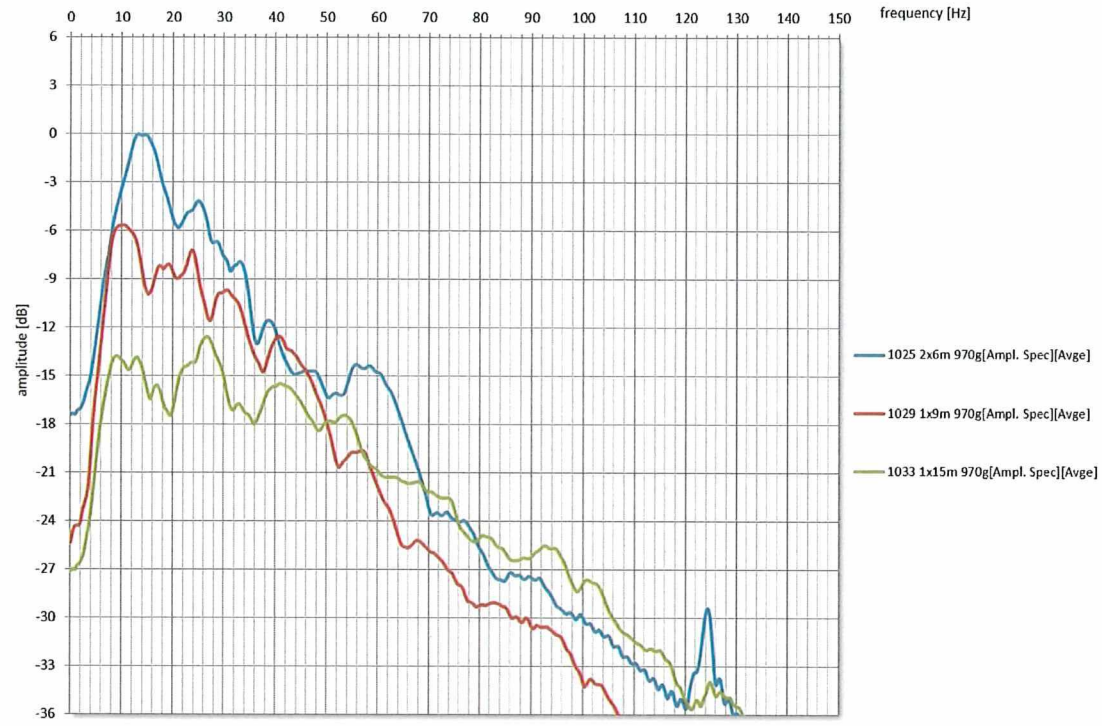


Abbildung 69: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 970 g auf der Anregungslinie 9100

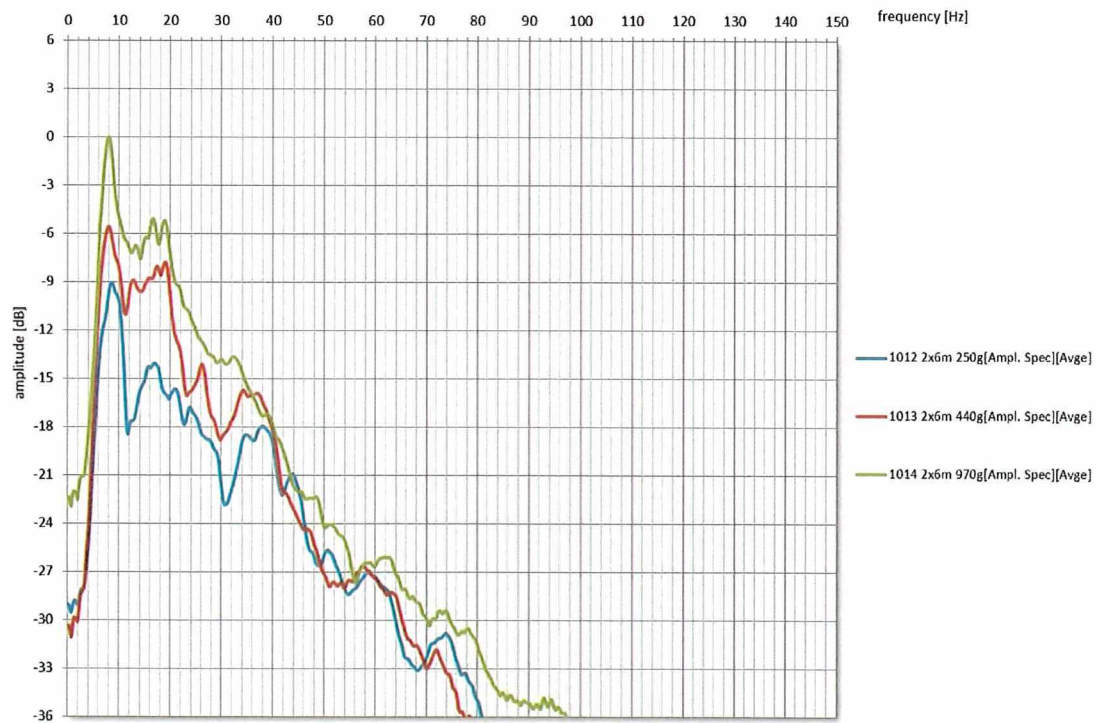



Abbildung 70: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Dublette von 6 m Teufe auf der Anregungslinie 9200

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Blatt: 58

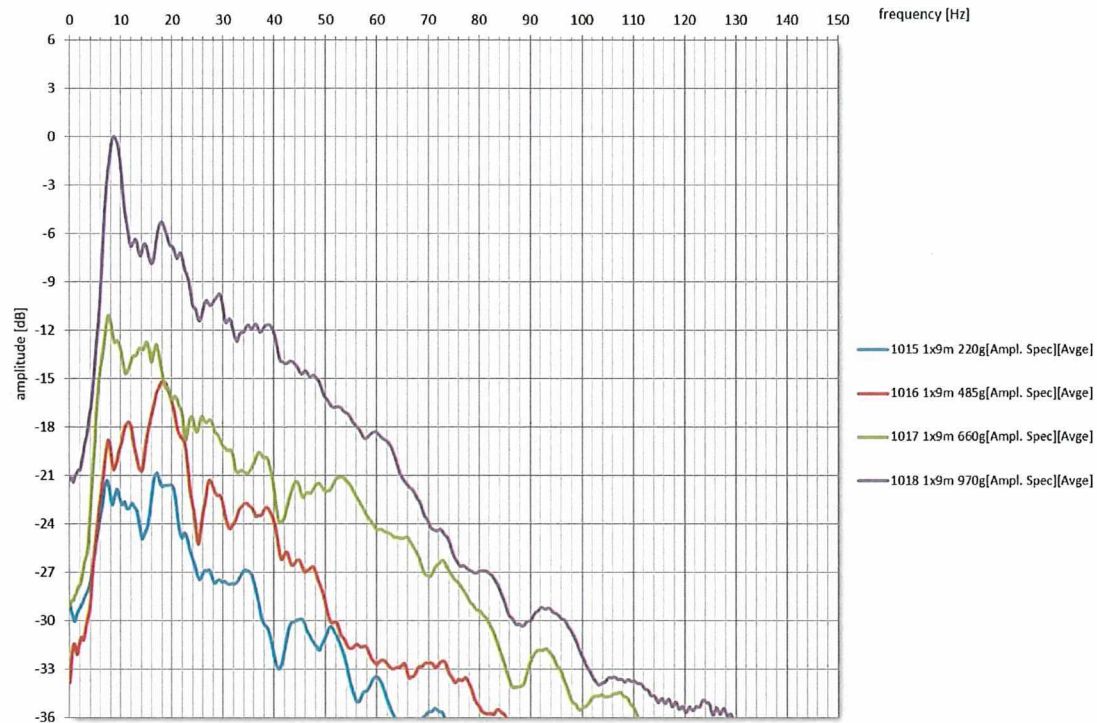


Abbildung 71: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 9 m Teufe auf der Anregungslinie 9200

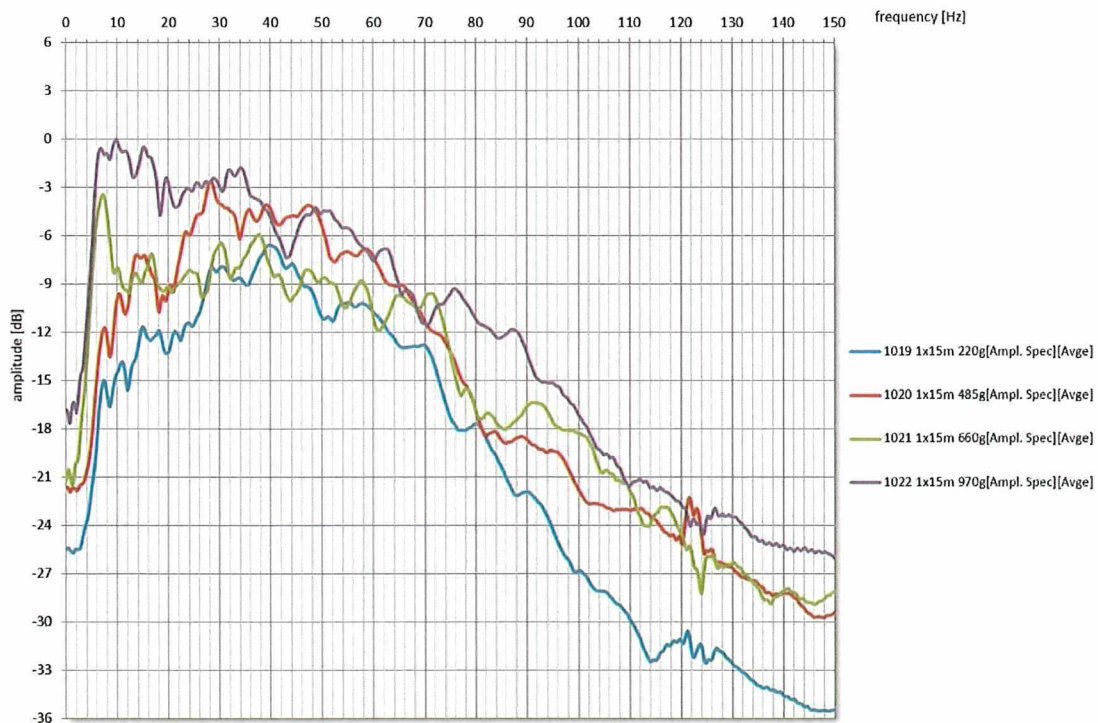



Abbildung 72: Spektralanalyse verschiedener Ladungsmengen für die Anregung aus einer Einzelbohrung von 15 m Teufe auf der Anregungslinie 9100

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Axis II

Blatt: 59

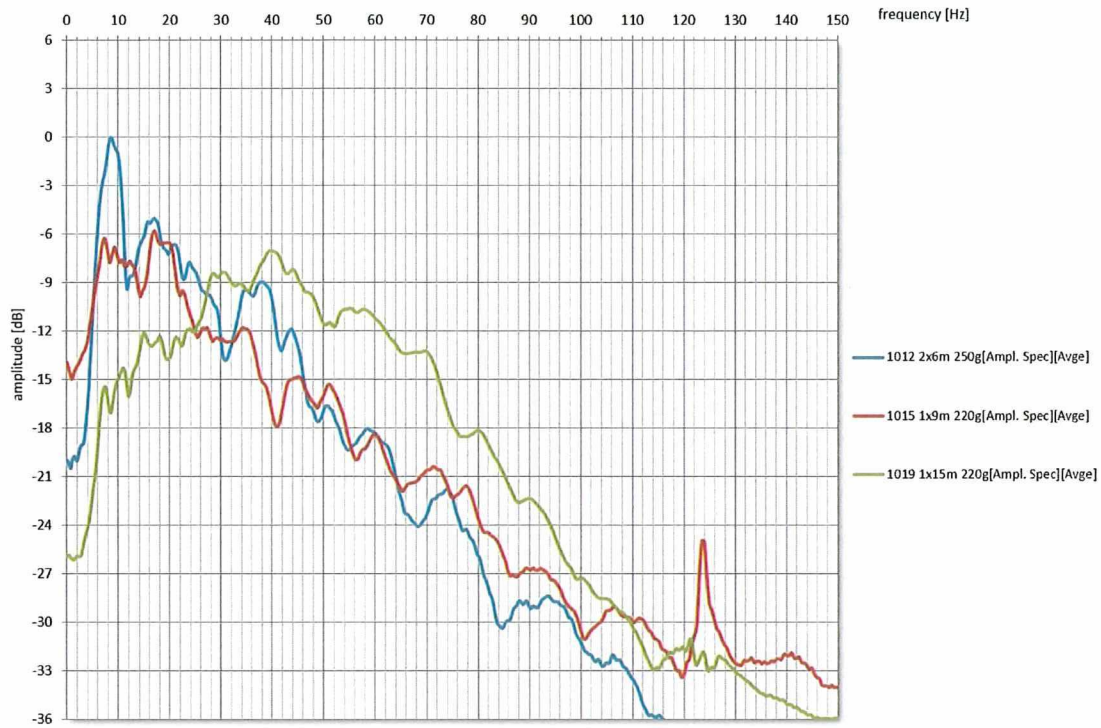


Abbildung 73: Spektralanalyse von verschiedenen Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 220 g auf der Anregungslinie 9200

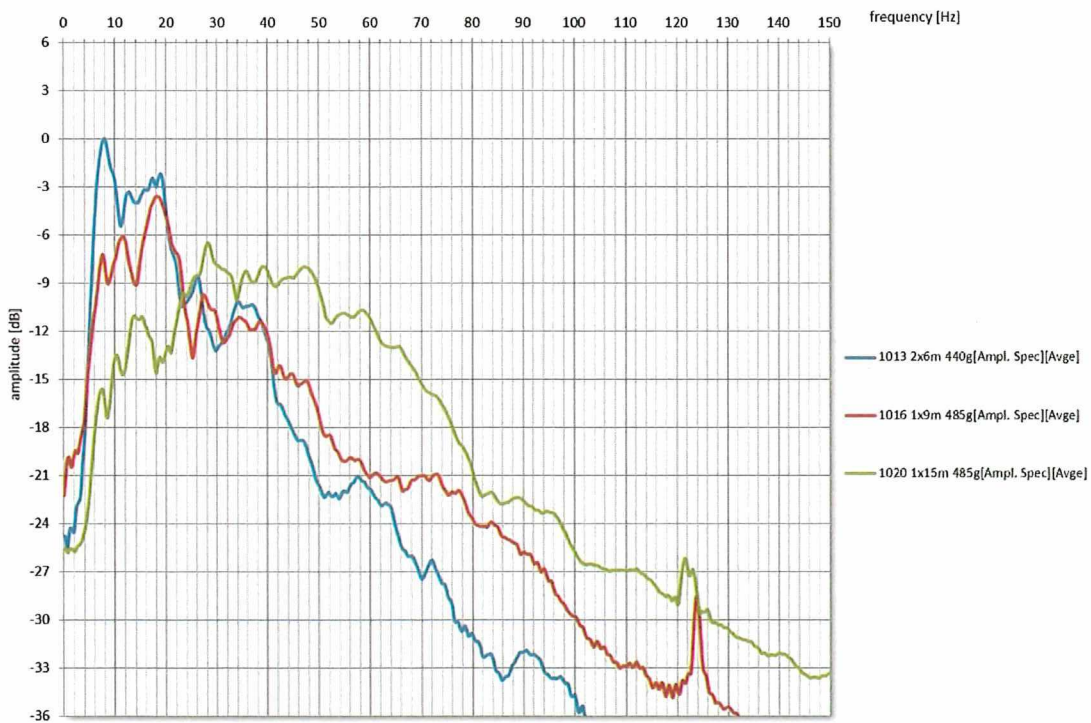



Abbildung 74: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 440 g bzw. 480 g auf der Anregungslinie 9200

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Blatt: 60

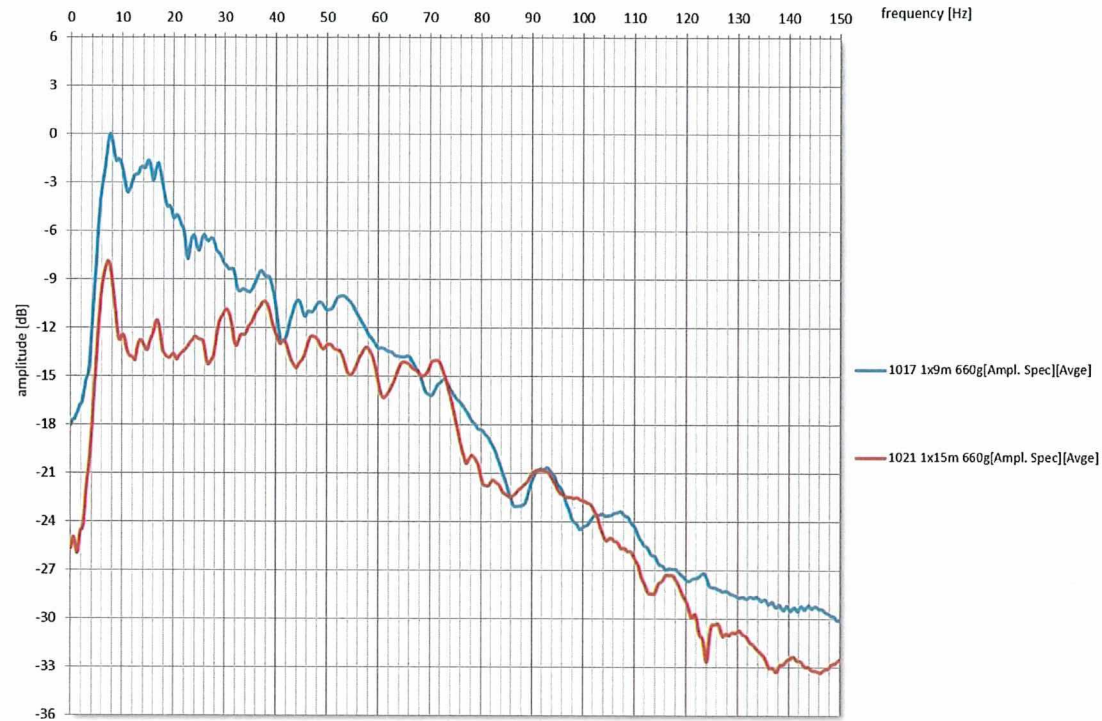


Abbildung 75: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 660 g auf der Anregungslinie 9200

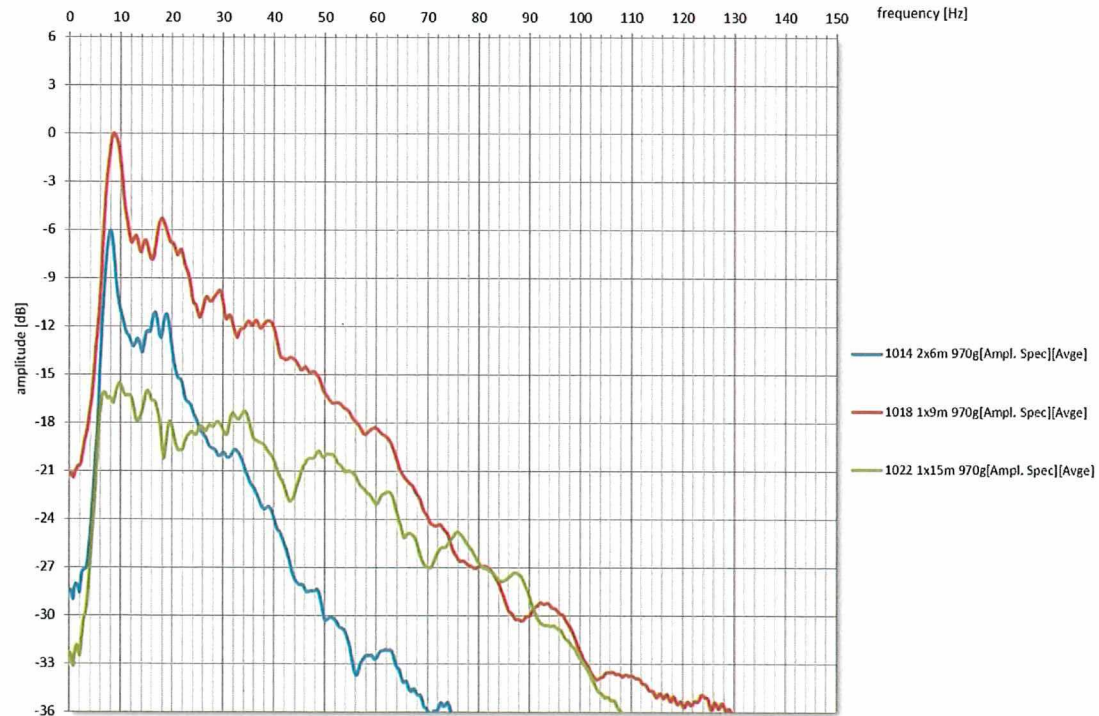



Abbildung 76: Spektralanalyse verschiedener Bohrteufen/-konfigurationen für eine Gesamtladungsmenge von 970 g auf der Anregungslinie 9200

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests im Rahmen der 3D - SeismikASSE II									Blatt: 61


2.4 Erschütterungsmessungen

Ergänzend zu den Parameter tests für die sprengseismischen Anregungen wurden an jeweils einem Messpunkt nahe der Anregungslinien 9100 und 9200 auch Erschütterungsmessungen durchgeführt (Abbildung 77).

Ziel der Untersuchungen war es, die erforderlichen Sicherheitsabstände zu sensiblen Bauten, Denkmälern, Teichen o. ä. festzulegen. Es wurde überprüft, ob in Entfernungen von über 100 m Schwinggeschwindigkeiten größer als 3 mm/s auftreten. Die Schwinggeschwindigkeit von 3 mm/s wurde als Kriterium verwendet, da im Frequenzbereich bis 10 Hz dies der zulässige Anhaltswert für erschütterungsempfindliche Bauten ist [1]. Die Registrierung der Erschütterungen erfolgte mit einem Messgerät von Typ Micromate des Herstellers Instanetel mit einem Drei-Komponenten-Geophon (Abbildung 146: Drei-Komponenten-Geophon mit und ohne Spitzen zur Aufstellung). Allgemeine technische Parameter des Erschütterungsmessgeräts und das Kalibrierzertifikat sind in Anhang 4 und Anhang 5 aufgeführt.

Das Messprogramm für die Erschütterungsmessungen und die Messergebnisse hinsichtlich der maximal aufgezeichneten Schwingungen für die einzelnen Komponenten der Schwinggeschwindigkeiten (Transversal, Vertikal und Logitudinal) bei den sprengseismischen Anregungen sind in Tabelle 10 zusammengefasst. Im Ergebnis der Erschütterungsmessungen war festzustellen, dass bei den untersuchten Entfernungen von 125 m und 180 m zum Anregungsort, unabhängig von der Ladungsmenge und der Ladungsteufe, in keinem Fall eine Schwinggeschwindigkeit von 3 mm/s erreicht wurde. Bei der Entfernung von 125 m zur Anregungslinie 9100 wurde erwartungsgemäß gemessen, dass mit zunehmender Ladungsmenge auch die Schwinggeschwindigkeiten zunehmen. Der Maximalwert von 1,63 mm/s wurde auf der Vertikalkomponente bei einer Ladungsmenge von 970 g registriert. Bei der Entfernung von 180 m zur Anregungslinie 9200 konnte dieser Zusammenhang zwischen Ladungsmenge und Schwinggeschwindigkeit nicht mehr beobachtet werden, allerdings sind die Schwinggeschwindigkeiten insgesamt hier deutlich geringer als bei Anregungspunkten der Linie 9100.

Die Ergebnisse der Schwingungsmessungen für den Abstand von 125 m und 180 m liegen also weit unter dem Anhaltswert für erschütterungsempfindliche Bauten (z. B. historische Gebäude unter Denkmalschutz) der DIN4150-3. In Anbetracht der Tatsache, dass im Umfeld der sprengseismischen Anregungen aber erschütterungsempfindliche Bauten oder Wohngebäude liegen können, wurden mit der BGE die in Tabelle 11 angegebenen Sicherheitsabstände zu sprengseismischen Anregungspunkten vereinbart.

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asses II

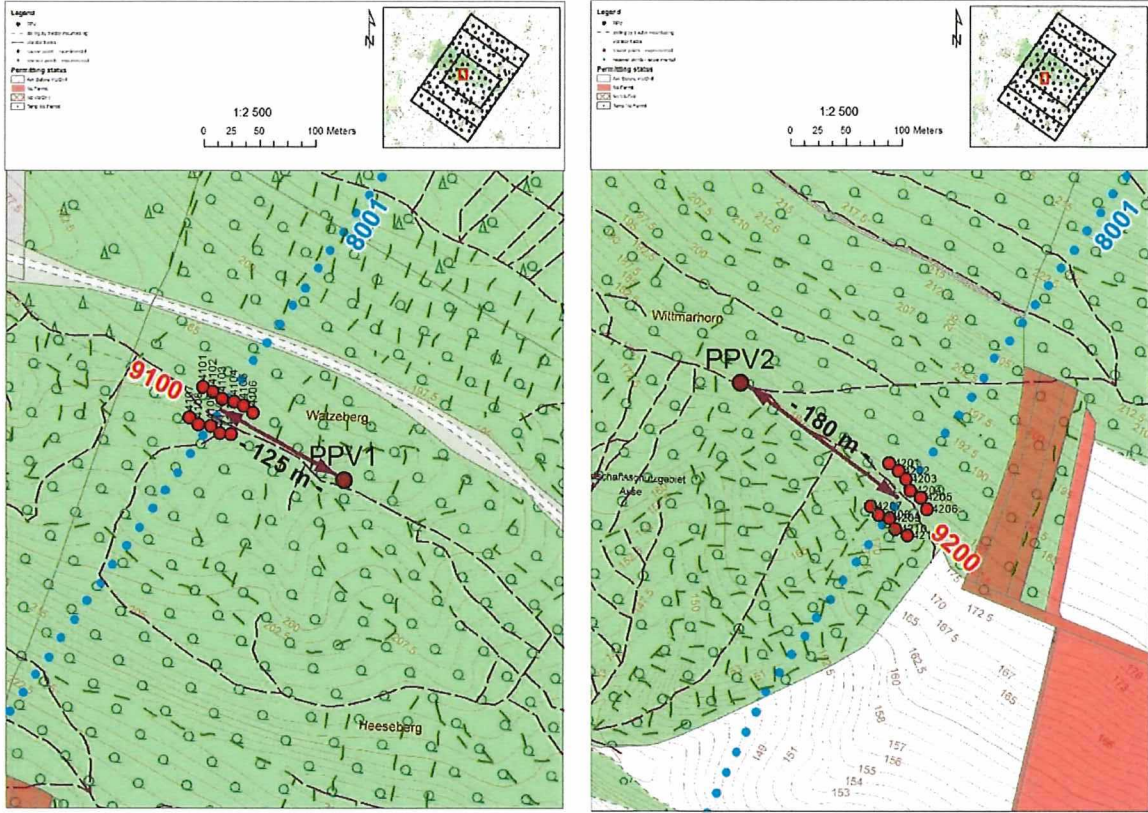




Abbildung 77: Lokation der Erschütterungsmessungen nahe der Anregungslinie 9100 (PPV1, links) und der Anregungslinie 9200 (PPV2, rechts)

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II Blatt: 63

Tabelle 10: Messprogramm und Ergebnisse der Erschütterungsmessungen

Schuss Linie	Aufnahme Punkt	Anzahl der Löcher	Teufe [m]	Ladungs- menge [g]	PPV - Test	Entfernung [m]	Geschwindigkeit [m/s]		
							Trans versal	Vertikal	Longi tudinal
9200	4201	2	6	2 x 125	PPV 2	180	0,213	0,268	0,229
9200	4202	2	6	2 x 220	PPV 2	180	0,229	0,236	0,213
9200	4203	2	6	2 x 485	PPV 2	180	0,205	0,284	0,307
9200	4204	1	9	220	PPV 2	180	0,221	0,307	0,150
9200	4205	1	9	485	PPV 2	180	0,386	0,434	0,181
9200	4206	1	9	660	PPV 2	180	0,441	0,591	0,236
9200	4207	1	9	970	PPV 2	180	0,434	0,560	0,339
9200	4208	1	15	220	PPV 2	180	0,087	0,150	0,102
9200	4209	1	15	485	PPV 2	180	0,126	0,126	0,126
9200	4210	1	15	660	PPV 2	180	0,095	0,142	0,126
9200	4211	1	15	970	PPV 2	180	0,150	0,158	0,213
9100	4101	2	6	2 x 125	PPV 1	125	0,150	0,229	0,134
9100	4102	2	6	2 x 220	PPV 1	125	0,221	0,347	0,197
9100	4103	2	6	2 x 485	PPV 1	125	0,457	0,867	0,394
9100	4104	1	9	220	PPV 1	125	0,205	0,410	0,181
9100	4105	1	9	485	PPV 1	125	0,292	0,709	0,252
9100	4106	1	9	660	PPV 1	125	0,347	0,867	0,307
9100	4107	1	9	970	PPV 1	125	0,221	0,347	0,205
9100	4108	1	15	220	PPV 1	125	0,079	0,134	0,118
9100	4109	1	15	485	PPV 1	125	0,331	0,638	0,363
9100	4110	1	15	660	PPV 1	125	0,331	0,820	0,339
9100	4111	1	15	970	PPV 1	125	0,686	1,663	0,575

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameterests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II Blatt: 64

Tabelle 11: Mindestabstände zu ausgewählten Bauten für sprengseismische Anregungen

Explosionsquellen		
Objekte	Ladungsmenge (g)	Entfernung (m)
Asse-Burg, Bismarck-Turm, ehemaliges Gasthaus am Asseweg 39 und historisches Maschinenhaus in der Nähe der Schachtanlage Asse II	970	>200
	485	100-200
	keine sprengseismische Anregung	< 100
Teiche	970	>100
	485	15-100
	keine sprengseismische Anregung	< 15
Grundwasser-Überwachungsbrunnen, Schacht Asse1, Erkundungsbohrung R15	970	> 100
	485	50-100
	220	25-50
	keine sprengseismische Anregung	< 25
Häuser	max. 970	150 bis 200
	max. 485	100 bis 149
Rohrleitungen aller Art	bis 1000	30
Pumpstationen mit Rohrleitungen	bis 1000	30
Pumpstationen ohne Rohrleitungen	bis 1000	15
Tiefbrunnen	bis 1000	100
Deich	bis 1000	50
Hochspannungsleitung - Holzmast		> 10
Hochspannungsleitung - Stahlmast		> 50
Bahntrassen		> 200
HF – Energiesysteme (Radio, Radar, Funktelefon)		> 300
Entfernung abhängig von der Sendeleistung		
> 1 W - 5 W		
> 5 W - 10 W		> 2
> 10 W - 100 W		> 5
> 100 W - 1 kW		> 10
> 1 kW - 10 kW		> 20
> 10 kW - 100 kW		> 50
> 100 kW - 400 kW		> 100
> 400 kW - 1000 kW		> 150
>1000 kW		> 200

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameterterests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II									Blatt: 65

3 Parameterterest - Vibroseismik

Ziel des am 13.01.2020 durchgeführten vibroseismischen Parameterterests war es, die optimalen Start- und Endfrequenzen des seismischen Anregungssignals (Sweep) sowie eine ausreichende Anregungskraft zu finden. Dabei wurde auch ein zufälliger Wellenzug (Random Sweep) und ein Sweep untersucht, der bei der Testmessung im Jahre 2013 verwendet wurde. Darüber hinaus wurden für verschiedene Sweeps und Anregungskräfte die resultierende Schwinggeschwindigkeiten (Peak Particle Velocities - PPV) in Abhängigkeit der Entfernungen von den Vibratoren ermittelt.

Der vibroseismische Parameterterest wurde im südlichen Teil der Messfläche der 3D-Seismik-Asse an der Stelle durchgeführt, an der sich auch eine Anregungslinie des sprengseismischen Parameterterests befand (Abbildung 78). Das Testprogramm bestand aus 18 Tests an einzelnen Anregungspunkten und vier kurzen 2D-seismischen Profilen (Kapitel 3.2). Die für die 3D-Seismik Asse nach der Auswertung des Testprogramms festgelegten Parameter sind in Anhang 3 aufgeführt.

Folgende Personen waren bei dem vibroseismischen Parameterterest vor Ort:

Für den Auftraggeber:


- [REDACTED] (Fremdbauüberwachung)
- [REDACTED] (Fremdbauüberwachung)

Geofizyka Toruń:

- [REDACTED] (Abteilung für seismische Datenerfassung)
- [REDACTED] (Geophysiker)
- [REDACTED] (Geophysiker)
- [REDACTED] (QC)
- Mannschaft vom Messtrupp DE-24

3.1 Messgeometrie, Anregungs- und Empfangsparameter

Für den vibroseismischen Parameterterest wurde die gleiche Empfängerlinie aufgebaut, die auch beim sprengseismischen Parameterterest Verwendung fand, so dass es möglich ist, spreng- und vibroseismische Anregungen unmittelbar miteinander zu vergleichen. Insofern waren für den vibroseismischen Parameterterest sowohl die Parameter der aktiven Auslage als auch die Aufzeichnungsparameter die gleichen wie beim sprengseismischen Parameterterest (Tabelle 1, Tabelle 2). Wie bei der 3D-Seismik wurden die unterschiedlichen Sweeps mit einem Vibrator Hemi 50 angeregt, wobei allen Tests gemeinsam war, dass der Sweep eine Länge von 60 s aufwies und dessen Amplituden am Anfang und am Ende mit einem Blackman-Taper (eine näherungsweise lineare Filterung, um Überschwingungen zu reduzieren) von 300 ms Länge gedämpft wurden (Tabelle 12).

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 66

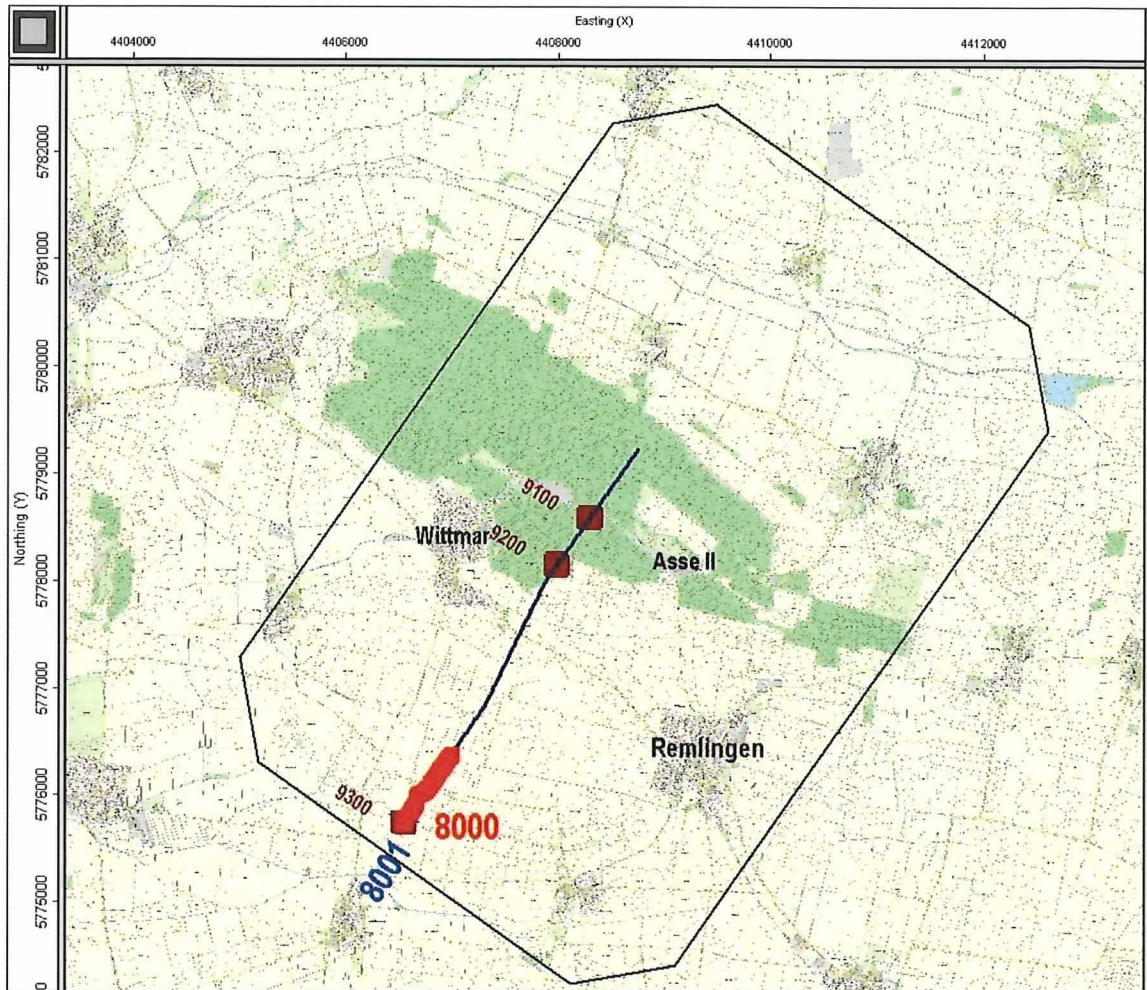



Abbildung 78: Verlauf der Empfängerlinie (blaue Linie) und Lokationen der Anregungspunkte (rote Punkte) im Messgebiet der 3D-Seismik Asse (schwarze Umrandung) beim vibroseismischen Parametertest. Es sind außerdem die Anregungspunkte des sprengseismischen Parametertest abgebildet (braune Punkte)

Tabelle 12: Grundlegende vibroseismische Anregungsparameter

Vibratortyp	Hemi 50
Anzahl der Vibratoren pro Quellpunkt	1
Art des Wellenzug (Sweep Type)	Benutzerdefiniert, linear und zufällig
Länge des Wellenzug	60 s
Einlauf- und Auslaufänge des Wellenzugs (Taper)	300 ms
Anzahl der Stapelungen pro Quellpunkt	1

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Parameter tests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II	Blatt: 67
--	-----------

3.2 Testprogramm


Die Tests wurden sowohl an Einzelpunkten als auch auf einer kurzen 2D-Linie durchgeführt. An den Einzelpunkten wurden die Anregungskraft, die Startfrequenz, die Endfrequenz und der Typ des Sweeps untersucht. Außerdem wurde auch der Sweep, der bei der Testmessung 2013 verwendet wurde [2], zum Vergleich eingesetzt.

Bei den Tests auf den kurzen 2D-Linien wurden mit einer Anregung an 40 Punkten ein benutzerdefinierter Sweep im Frequenzbereich von 5 Hz bis 120Hz und ein linearer Sweep im Frequenzbereich von 10 Hz bis 150 Hz miteinander verglichen. Ein weiterer Test beschäftigte sich an 21 Anregungspunkten mit der Verwendung eines zufälligen Wellenzugs (Random Sweep) als Anregungssignal. Darüber hinaus wurde das bei der 3D-Seismik eingesetzte Slip-Sweep-Verfahren untersucht. Dabei wurde vor allem der mögliche Einfluss des -durch den sich von überlappenden Sweeps erzeugten- harmonischen Rauschens (Harmonic noise) auf die Datenqualität geprüft. In Tabelle 14 ist die Reihenfolge der Anregungspunkte beim Test des Slip-Sweep-Verfahrens aufgeführt und in Abbildung 79 dargestellt.

Die Liste aller Testparameter und der zugehörigen FFID-Nummern (Field File Identification Number) findet sich in Tabelle 13.

Tabelle 13: Parameter des vibroseismischen Parametertests


Nr.	FFID	Anregungslinie	Anregungspunkt	Frequenz [Hz]	Wellenzugtyp	Anregungskraft [%]	Anzahl Vibratoren	Testart
1	99	8000	7104	5-120	benutzerdefiniert	80	1	Einzelpunkt
2	111	8000	7105	5-120	benutzerdefiniert	80	2	Einzelpunkt
3	113	8000	7106	5-120	benutzerdefiniert	80	3	Einzelpunkt
4	117	8000	7107	5-120	benutzerdefiniert	80	4	Einzelpunkt
5	101	8000	7108	5-120	benutzerdefiniert	70	1	Einzelpunkt
6	103	8000	7109	5-120	benutzerdefiniert	60	1	Einzelpunkt
7	105	8000	7110	5-120	benutzerdefiniert	50	1	Einzelpunkt
8	107	8000	7111	5-120	benutzerdefiniert	40	1	Einzelpunkt
9	109	8000	7112	5-120	benutzerdefiniert	30	1	Einzelpunkt
10	119	8000	7113	3-120	benutzerdefiniert	80	1	Einzelpunkt
11	121	8000	7114	8-120	linear	80	1	Einzelpunkt
12	123	8000	7115	10-120	linear	80	1	Einzelpunkt
13	125	8000	7116	12-120	linear	80	1	Einzelpunkt
14	131	8000	7117	5-135	benutzerdefiniert	80	1	Einzelpunkt
15	133	8000	7118	5-150	benutzerdefiniert	80	1	Einzelpunkt
16	127	8000	7119	10-150	linear	80	1	Einzelpunkt
17	129	8000	7120	14-144	linear	80	1	Einzelpunkt
18	355	8004	7104	5-120	zufällig	80	1	Einzelpunkt
19	135-219	8001	7104-7143	5-120	benutzerdefiniert	80	1	2D - Linie
20	221-299	8002	7104-7143	10-150	linear	80	1	2D-Linie
21	301-351	8003	7104-7124	5-120	benutzerdefiniert	80	1	2D-Linie Slip Sweep
22	355-395	8004	7104-7124	5-120	zufällig	80	1	2D-Linie

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameterests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II	Blatt: 68
--	-----------

Tabelle 14: Reihenfolge der Anregungspunkte bei der Durchführung des Slip-Sweep-Tests

FFID	Liniename	Punktnummer	Vibrator Nr.	Wellenzug Typ	Reihenfolge des Slip-Sweeps
301	8003	7104	4	Einzel	-
303	8003	7119	1	Einzel	-
305	8003	7109	5	Einzel	-
307	8003	7114	3	Einzel	-
313	8003	7104	4	Slip Sweep	1
315	8003	7120	1	Slip Sweep	2
317	8003	7109	5	Slip Sweep	3
319	8003	7114	3	Slip Sweep	4
321	8003	7105	4	Slip Sweep	5
323	8003	7121	1	Slip Sweep	6
325	8003	7110	5	Slip Sweep	7
327	8003	7115	3	Slip Sweep	8
329	8003	7106	4	Slip Sweep	9
331	8003	7122	1	Slip Sweep	10
333	8003	7111	5	Slip Sweep	11
335	8003	7116	3	Slip Sweep	12
337	8003	7107	4	Slip Sweep	13
339	8003	7123	1	Slip Sweep	14
341	8003	7112	5	Slip Sweep	15
343	8003	7117	3	Slip Sweep	16
345	8003	7108	4	Slip Sweep	17
347	8003	7124	1	Slip Sweep	18
349	8003	7113	5	Slip Sweep	19
351	8003	7118	3	Slip Sweep	20

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the context of 3D - Seismic Asses II

Blatt: 69

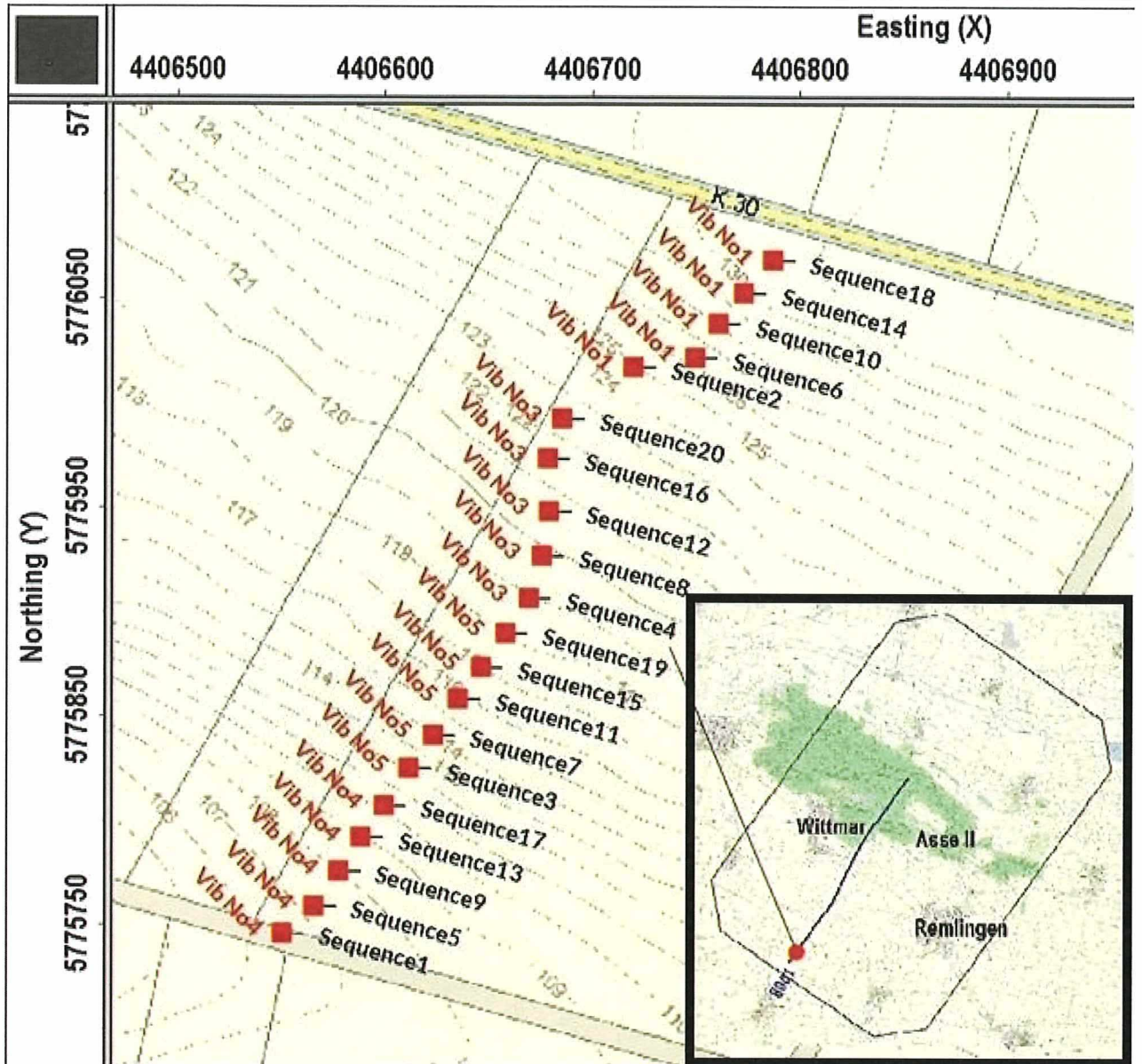


Abbildung 79: Reihenfolge der Durchführung der Punkte beim Slip-Sweep-Test. Die Testparameter für jede Sequenz sind Tabelle 14 aufgeführt

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Axis II									Blatt: 70

3.3 Ergebnisse und Parameterauswahl

Ziel des Parameter tests war es, hinsichtlich

- Startfrequenz,
- Endfrequenz,
- und Kraft


des vibroseismischen Anregungssignals (Sweep) die optimalen Parameter zu ermitteln. Die Analyse wurde sowohl an einzelnen Datensätzen, die aus den Messungen an Einzelpunkten herrührten, als auch an gestapelten Daten, die auf den kurzen 2D-Profilen gemessen wurden, durchgeführt. Die Ergebnisse des Parameter tests an den Einzelpunkten sind in Abbildung 80 bis Abbildung 97 dargestellt. Bearbeitung und Darstellung der Testergebnisse erfolgte vor Ort im Truppbüro mit den seismischen Processing-Paketen Vista und ProMAX.

3.3.1 Test der Anregungskraft

Abbildung 80 bis Abbildung 85 zeigen für einen benutzerdefinierten Sweep im Frequenzbereich von 5 Hz bis 120 Hz anhand der auf der Testlinie registrierten Seismogramme die Ergebnisse unterschiedlicher Anregungskräfte, die zwischen 30% und 80% der Maximalkraft des Vibrators von 223 kN variierten. Um die Anregungsenergie weiter zu erhöhen, wurde ergänzend auch mit Gruppen von 2, 3 und 4 Vibratoren angeregt (Abbildung 86 bis Abbildung 88).

Kriterium zur Auswahl der Kraft ist hauptsächlich das Signal-Rausch-Verhältnis, d. h., es sind Reflexionen auch von tieferliegenden Horizonten zu erkennen, und es sind der Ersteinsatz und die Reflexionen auch bis in größere Offsetbereiche gut zu verfolgen. Erwartungsgemäß verbessert sich das Signal-Rausch-Verhältnis mit zunehmender Kraft und bei einer Anregung mit mehreren Vibratoren.

Die Testergebnisse zeigten, dass bei Kräften von 80%, 70%, 60% bei der Anregung mit einem Vibrator die Reflexion von Basis Zechstein (Scheitelpunkt bei ca. 1400 ms) gut zu erkennen und der Ersteinsatz über den gesamten Offsetbereich sicher festlegbar war. Da bei 80% Kraft sich einzelne technische Parameter des Vibrators (Phasenabweichung, Verzerrung) verschlechterten, wurde 70% Kraft als Anregungsparameter für die 3D-Seismik ausgewählt. Der Einsatz einer Gruppe bestehend aus mehreren Vibratoren war ohnehin nicht vorgesehen, um keine azimutale Abhängigkeit des Anregungssignals zu erzeugen und durch die Überlagerung von Sweeps der Vibratoren innerhalb einer Gruppe auch keine Frequenzen zu unterdrücken.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESellschaft FÜR ENDLagerung
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Axis II

Blatt: 71

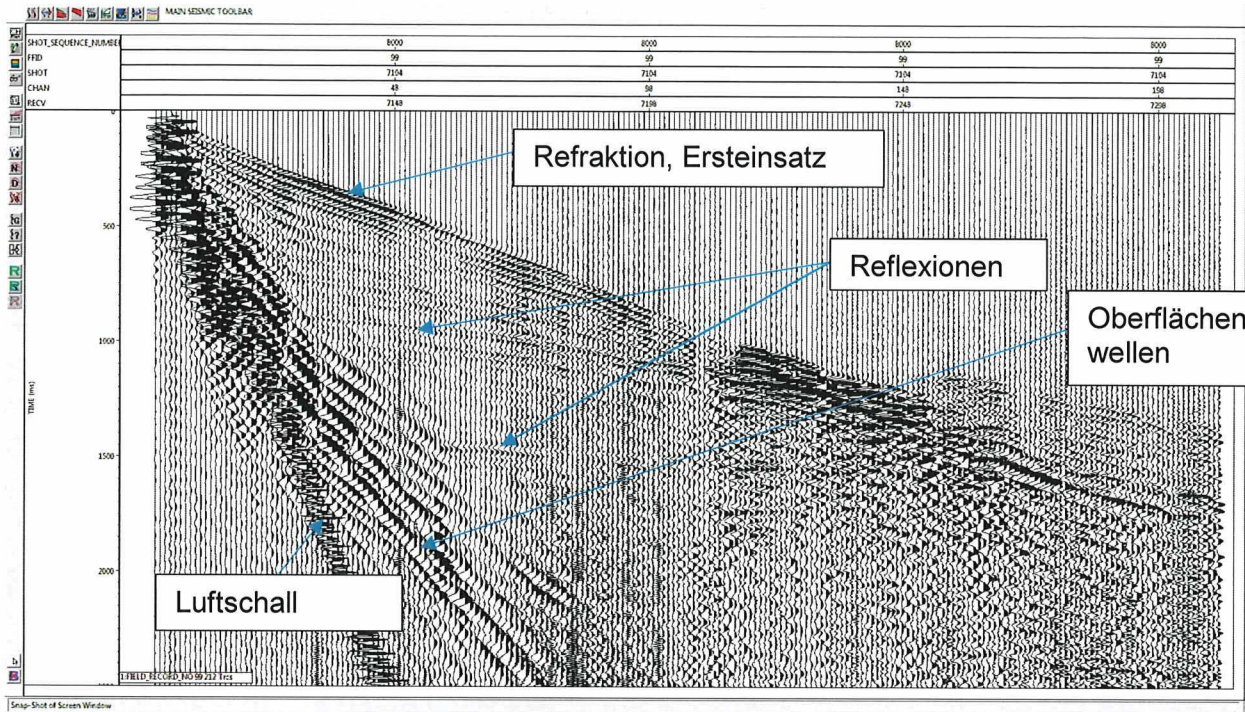


Abbildung 80: Aufnahme FFID 99, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 80% Kraft

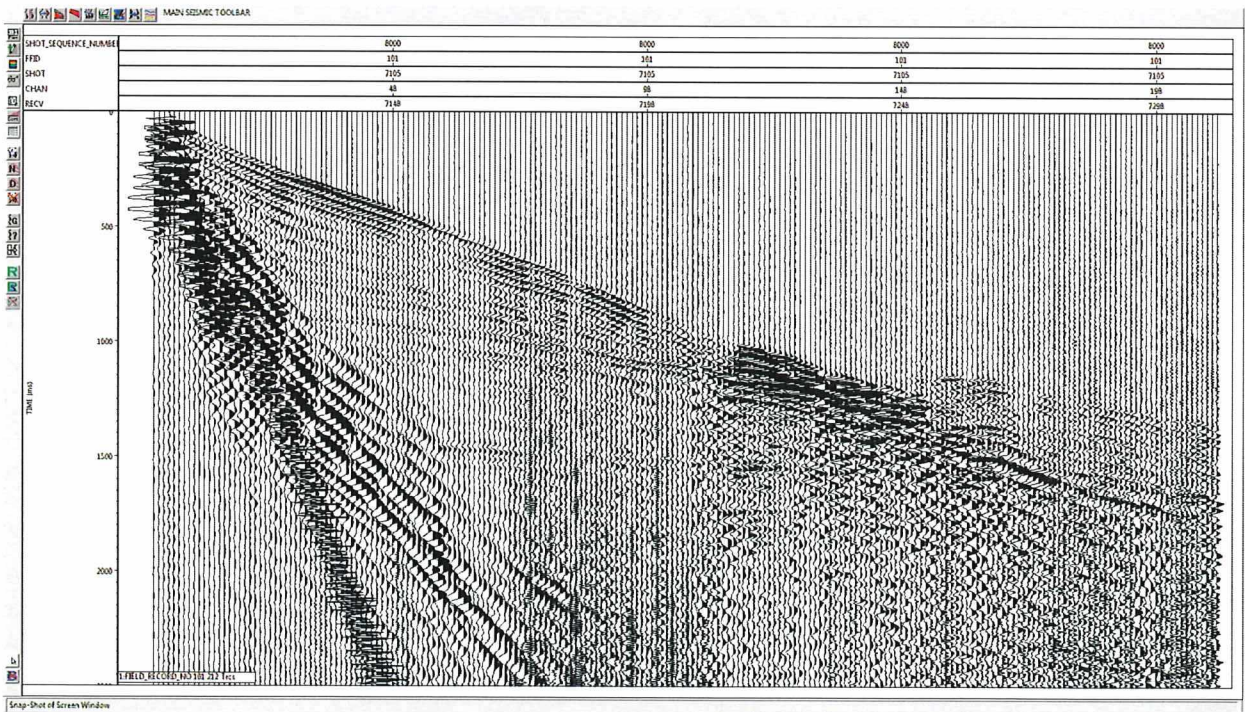



Abbildung 81: Aufnahme FFID 101, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 70% Kraft

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	5610000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 72

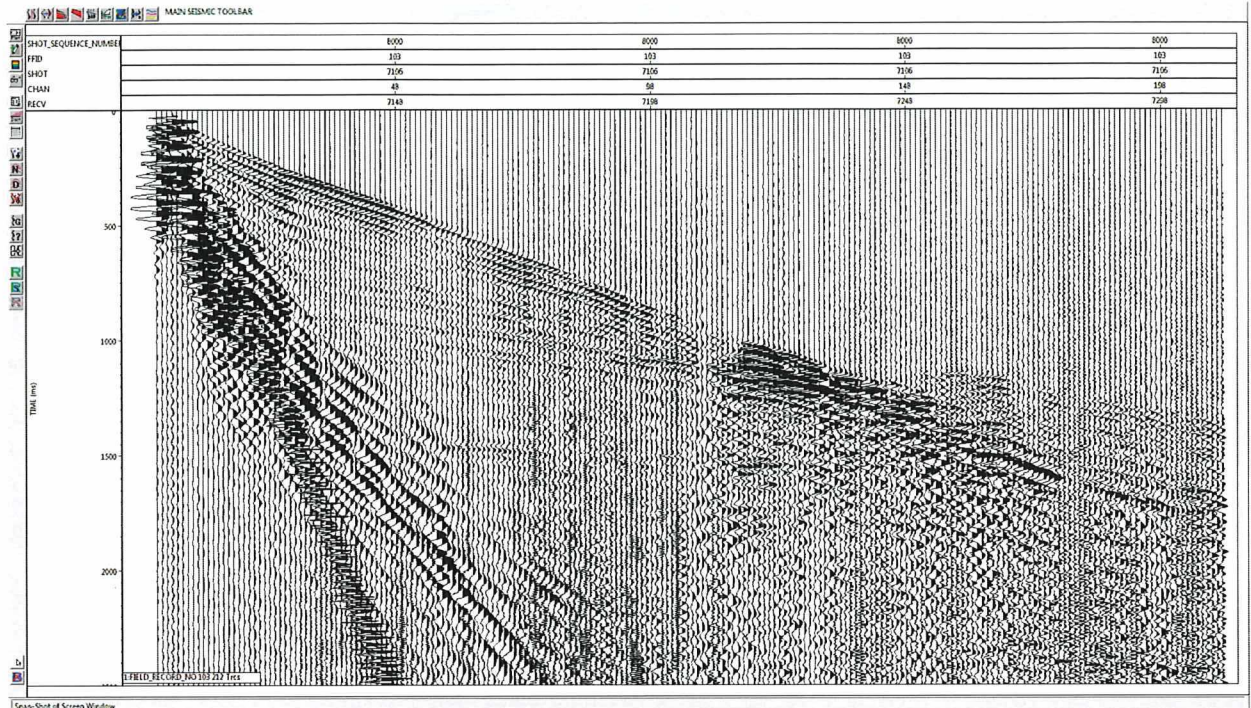


Abbildung 82: Aufnahme FFID 103, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 60% Kraft

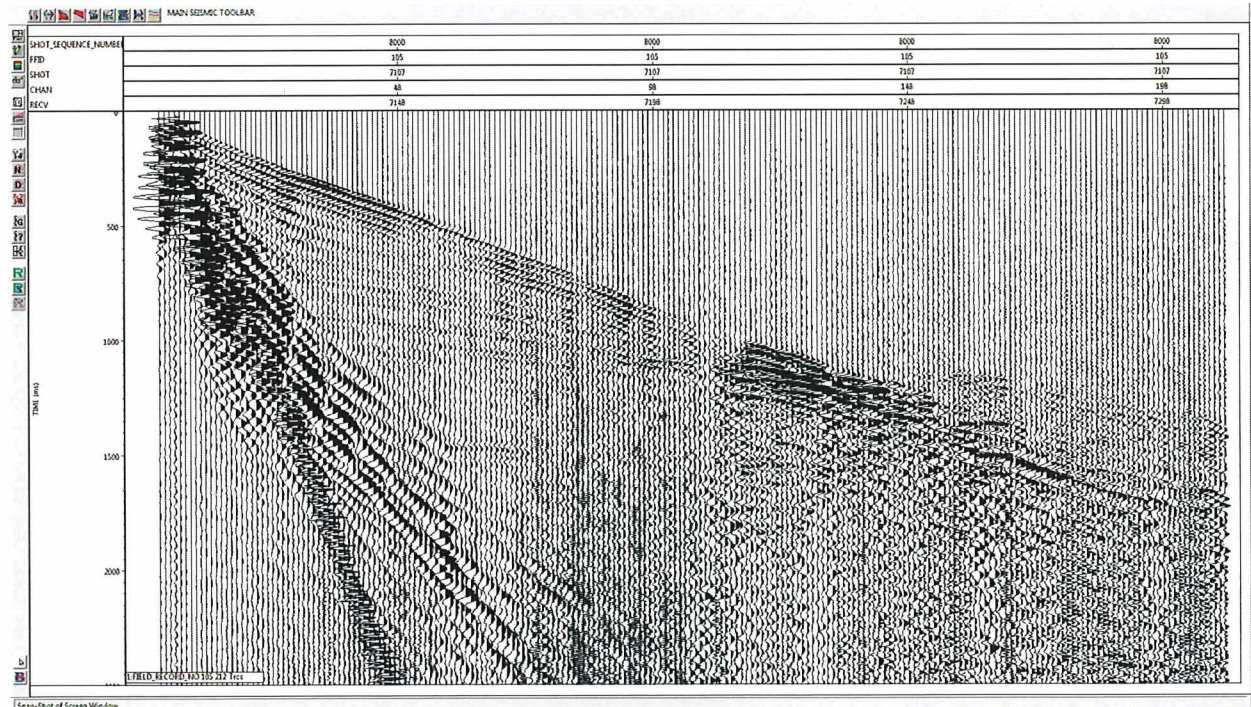



Abbildung 83: Aufnahme FFID 105, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 50% Kraft

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 73

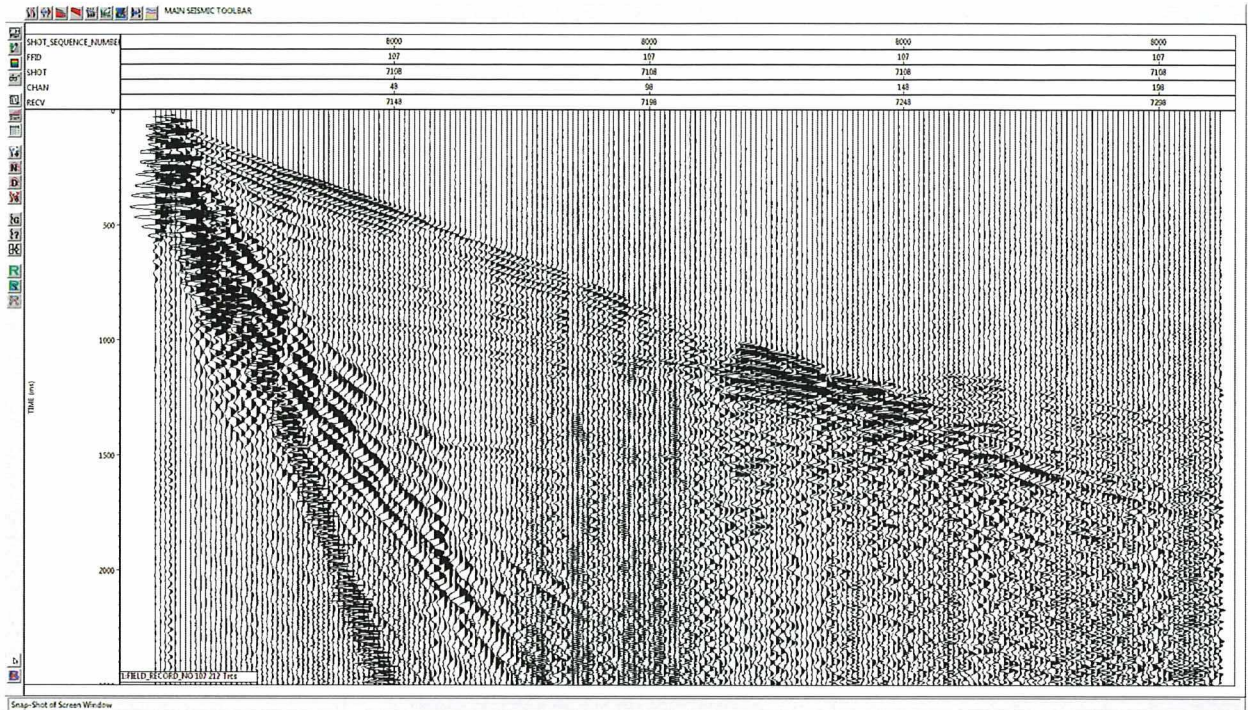


Abbildung 84: Aufnahme FFID 107, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 40% Kraft

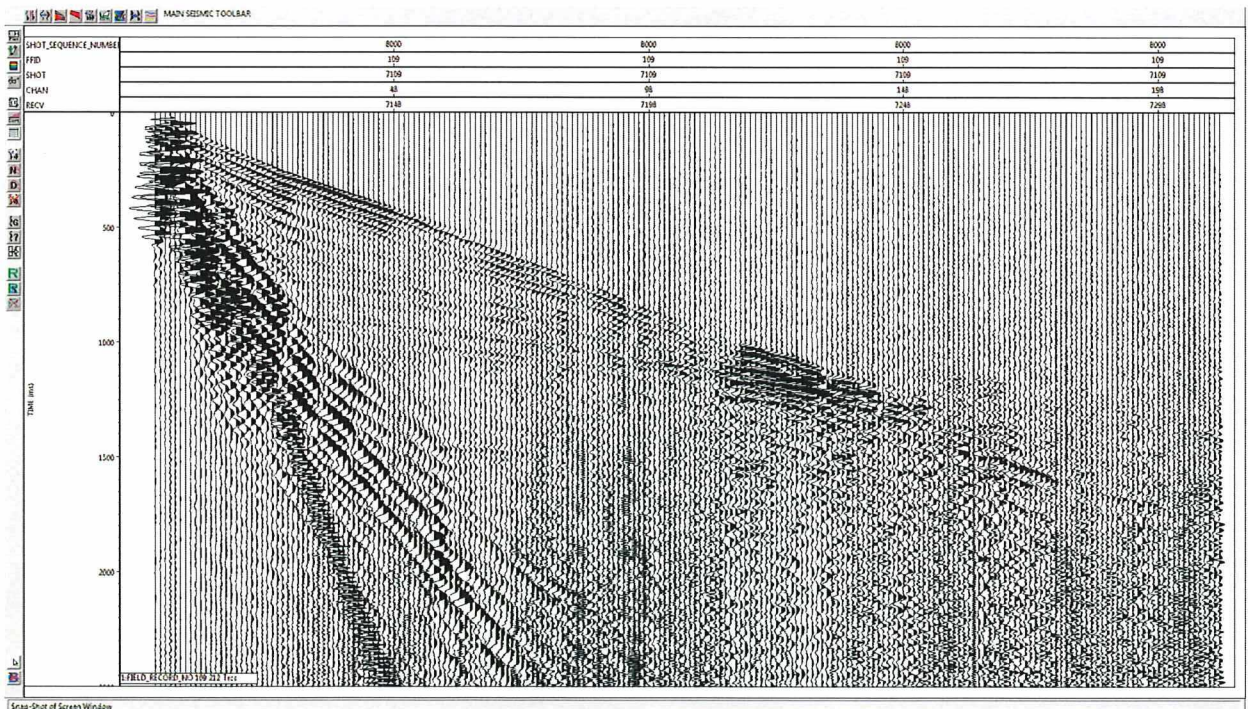



Abbildung 85: Aufnahme FFID 109, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 30% Kraft

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the context of 3D - Seismic Axis II	Blatt: 74
--	-----------

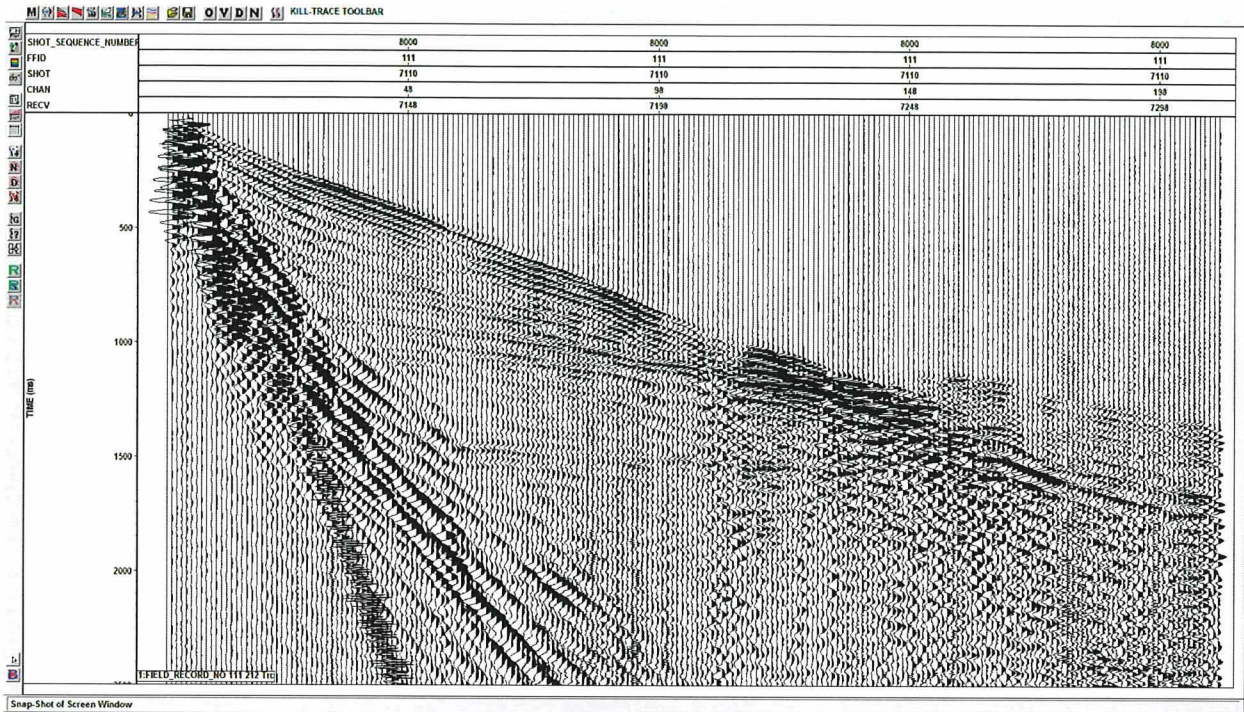


Abbildung 86: Aufnahme FFID 111, Einzelpunkt, 2 Vibratoren, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 80% Kraft

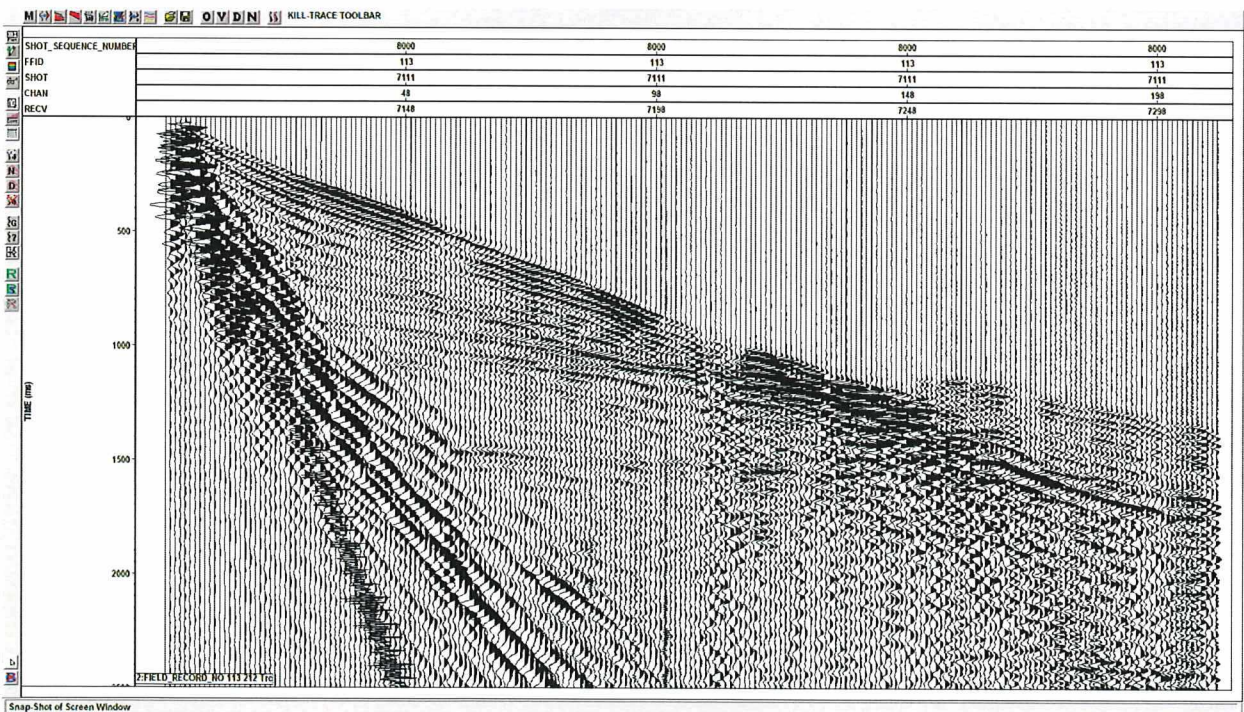



Abbildung 87: Aufnahme FFID 113, Einzelpunkt, 3 Vibratoren, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 80% Kraft

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parametertests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II

Blatt: 75

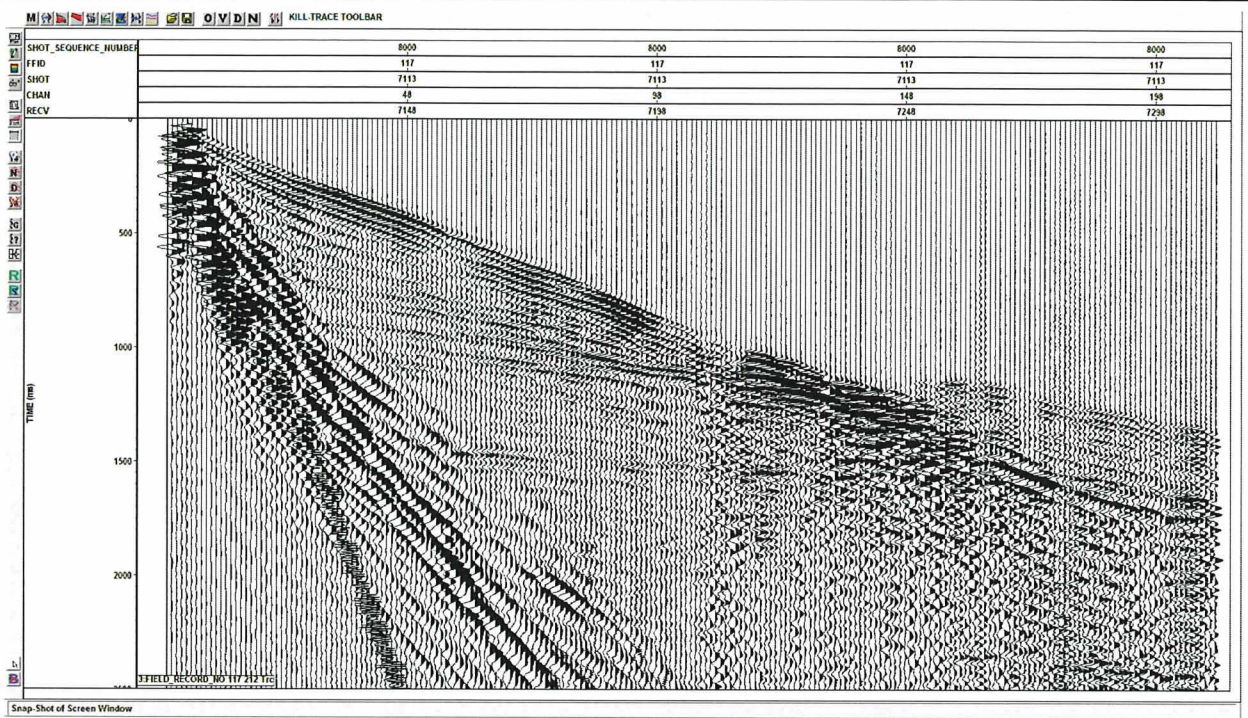



Abbildung 88: Aufnahme FFID 117, Einzelpunkt, 4 Vibratoren, 5 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 80% Kraft

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Parameter tests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II	Blatt: 76
--	-----------

3.3.2 Test der Startfrequenz

Abbildung 89 bis Abbildung 92 und Abbildung 80 zeigen für einen Sweep mit einer Endfrequenz von 120 Hz anhand der auf der Testlinie registrierten Seismogramme die Ergebnisse unterschiedlicher Startfrequenzen, die zwischen 3 Hz und 12 Hz variierten. Dabei wurde für Startfrequenzen kleiner als 8 Hz ein benutzerdefinierter (customized) Sweep verwendet, der im niedrigen Frequenzbereich eine kleinere Sweep-Rate ($\Delta f / \Delta t$) aufweist als ein linearer Sweep, damit die Bewegung der Bodenplatte besser auf den Untergrund übertragen wird und der Vibrator nicht an seine technischen Grenzen der Hydraulik stößt.

Ziel ist es, eine möglichst niedrige Startfrequenz zu verwenden, um insgesamt die Bandbreite des Anregungssignals zu erhöhen. Da Wellen mit hohen Frequenzen bei ihrer Ausbreitung deutlich stärker gedämpft werden als niederfrequente Wellen, kann die Erhöhung der Bandbreite im Wesentlichen nur durch eine kleine Startfrequenz gelingen. Dabei sind allerdings technische Grenzen der Vibratoren (Hydraulik) und der Geophone (Eigenfrequenz) zu berücksichtigen. Außerdem werden durch niedrige Frequenzen auch verstärkt störende Oberflächenwellen angeregt.

Die Testergebnisse zeigen im Zeitbereich (Abbildung 89 bis Abbildung 92 und Abbildung 80) keine signifikanten Unterschiede bei den Reflexionen oder dem Ersteinsatz – erwartungsgemäß ist mit kleineren Startfrequenzen eine Erhöhung der Amplituden der Oberflächenwellen festzustellen. Im Amplitudenspektrum (Abbildung 110) ist gut zu erkennen, dass die niedrigen Frequenzen, wenn auch relativ amplitudenschwach, angeregt werden. Als Startfrequenz für die seismische Datenakquisition wurde daher 5 Hz gewählt (z.B. Abbildung 81), um zum einen eine möglichst große Bandbreite zu erzielen und um zum anderen aber nicht die Eigenfrequenz der Geophone zu unterschreiten.

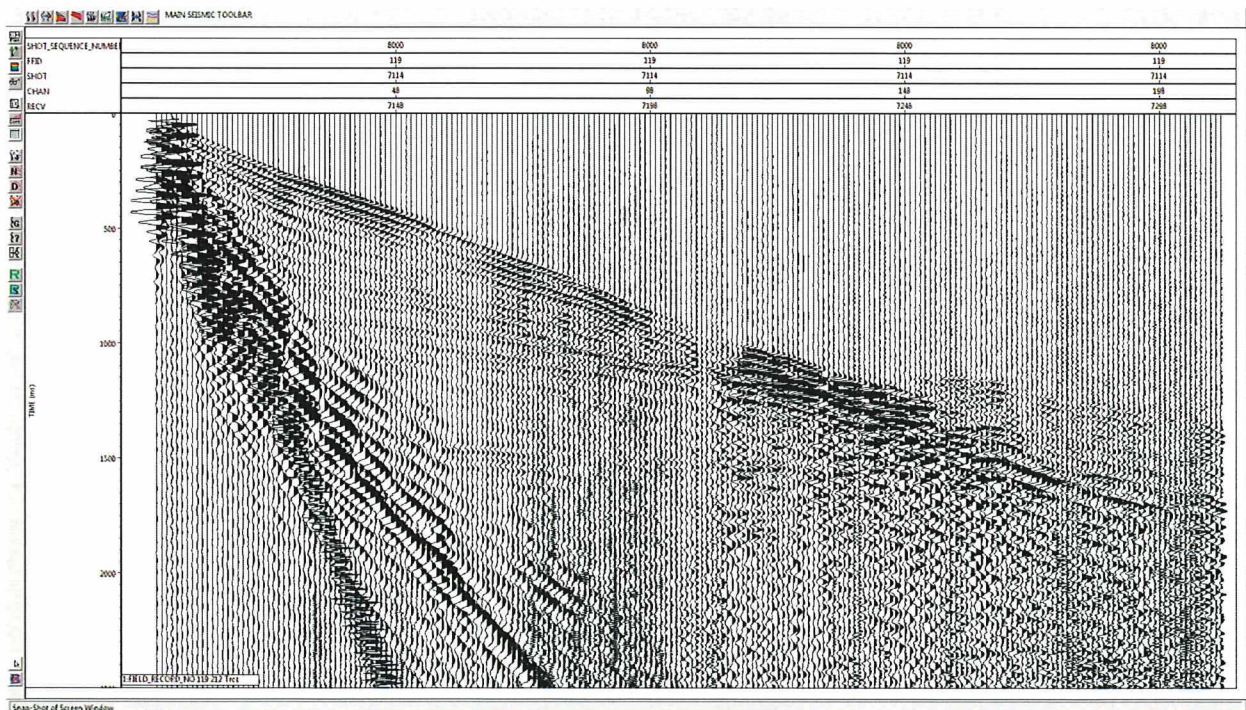



Abbildung 89: Aufnahme FFID 119, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 3 – 120 Hz, benutzerdef. Sweep, 80% Kraft

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the context of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 77

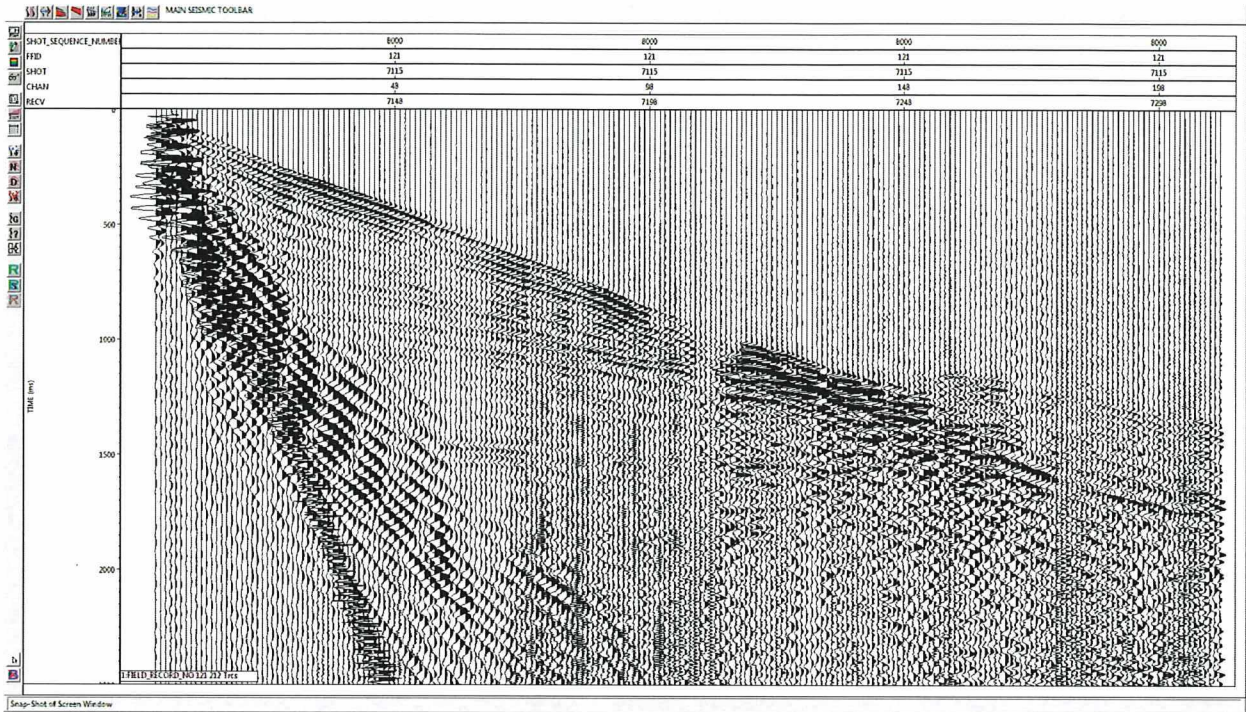


Abbildung 90: Aufnahme FFID 121, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 8 – 120 Hz, linearer Sweep, 80% Kraft

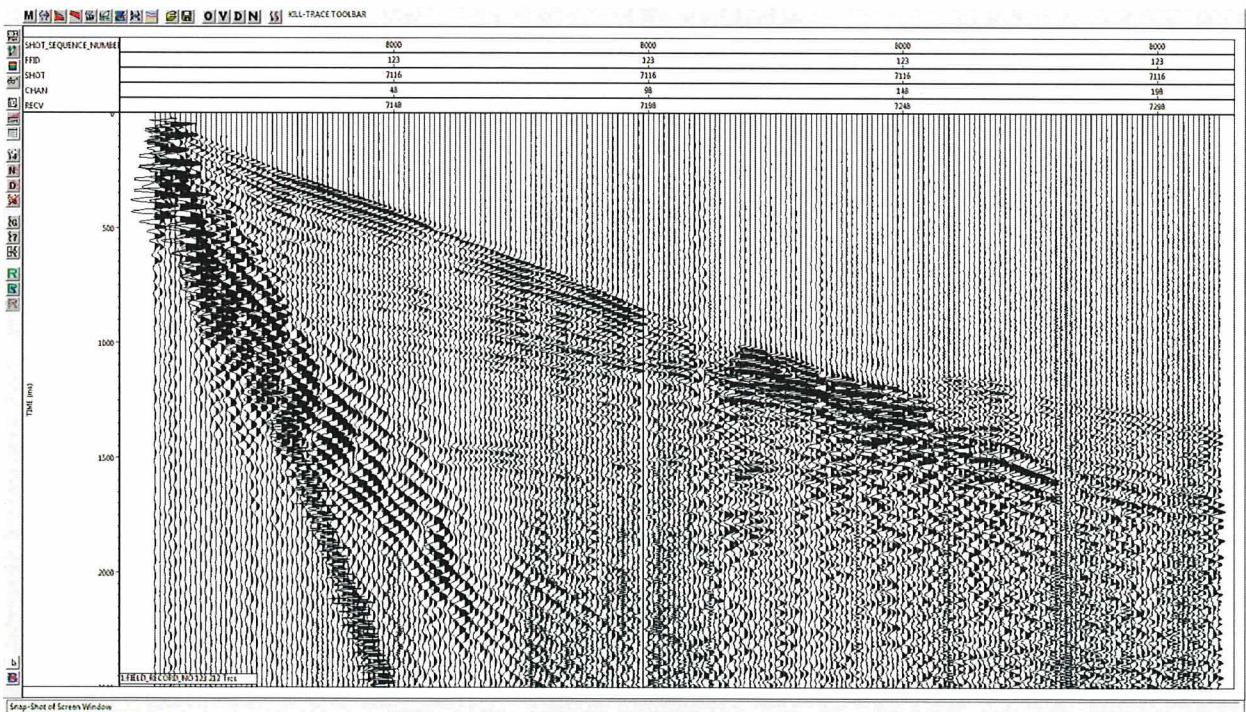



Abbildung 91: Aufnahme FFID 123, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 10 – 120 Hz, linearer Sweep, 80% Kraft

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II

Blatt: 78

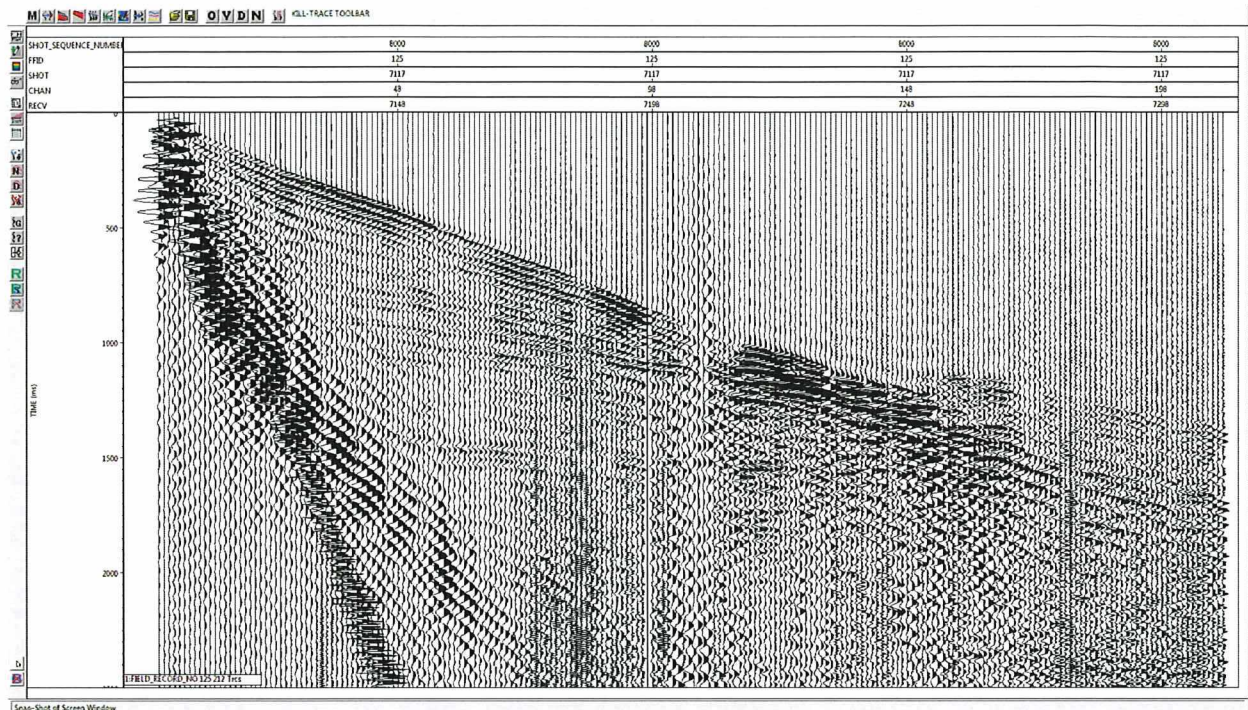


Abbildung 92: Aufnahme FFID 125, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 12 – 120 Hz, linearer Sweep, 80% Kraft

3.3.3 Test der Endfrequenz


Abbildung 93 bis Abbildung 97 zeigen anhand der auf der Testlinie registrierten Seismogramme die Ergebnisse unterschiedlicher Endfrequenzen des Anregungssignals, die zwischen 120 Hz und 150 Hz variierten.

Ziel ist es, eine möglichst hohe Endfrequenz zu verwenden, um die Bandbreite des Anregungssignals zu erhöhen und die Auflösung geringer Schichtmächtigkeiten zu ermöglichen. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass Wellen mit hohen Frequenzen bei ihrer Ausbreitung stark gedämpft werden und schon nach wenigen Dekametern nicht mehr im Signal enthalten sein können.

Die Testergebnisse zeigen im Zeitbereich (Abbildung 93 bis Abbildung 97) keine signifikanten Unterschiede bei den Reflexionen oder dem Ersteinsatz. Ausnahme ist das Anregungssignal mit einem Frequenzbereich von 14 Hz bis 144 Hz, welches bei den Testmessungen 2013 Verwendung fand. Im Vergleich zu den anderen Anregungssignalen sind hier die Amplituden der Oberflächenwellen zwar etwas geringer, Reflexionen und Ersteinsatz bei größeren Offsets aber schlechter verfolgbar.

Im Amplitudenspektrum (Abbildung 111) ist gut zu erkennen, dass die hohen Frequenzen, wenn auch sehr amplitudenschwach, angeregt werden. Aufgrund der für die größeren Endfrequenzen höheren Sweep-Rate ($\Delta f / \Delta t$) ergibt sich allerdings im Frequenzbereich ab 40 Hz ein geringeres Amplitudenniveau. Um zu erkennen, welche hochfrequenten Anteile in den Reflexionseinsätzen enthalten sind, wurden die Daten mit einem Bandpassfilter mit einem Durchlassband von 10 Hz, dessen Frequenz in 10 Hz-Schritten von 50 Hz bis 140 Hz anstieg, gefiltert (Abbildung 98 bis Abbildung 108). Dabei zeigt sich, dass bereits ab Frequenzen von ungefähr 90 Hz keine Reflexionen mehr zu erkennen sind. Ab 120 Hz verschwinden auch die Ersteinsätze und es sind außer dem Luftschall keine Signale mehr im Datensatz enthalten.

Als Endfrequenz für die seismische Datenakquisition wurde daher 120 Hz gewählt, um die hohen Frequenzen der Ersteinsätze zu erhalten und um ggf. auch noch Reflexionen beim Test nicht erfasst, flacherer Horizonte aufzulösen.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Axis II

Blatt: 79

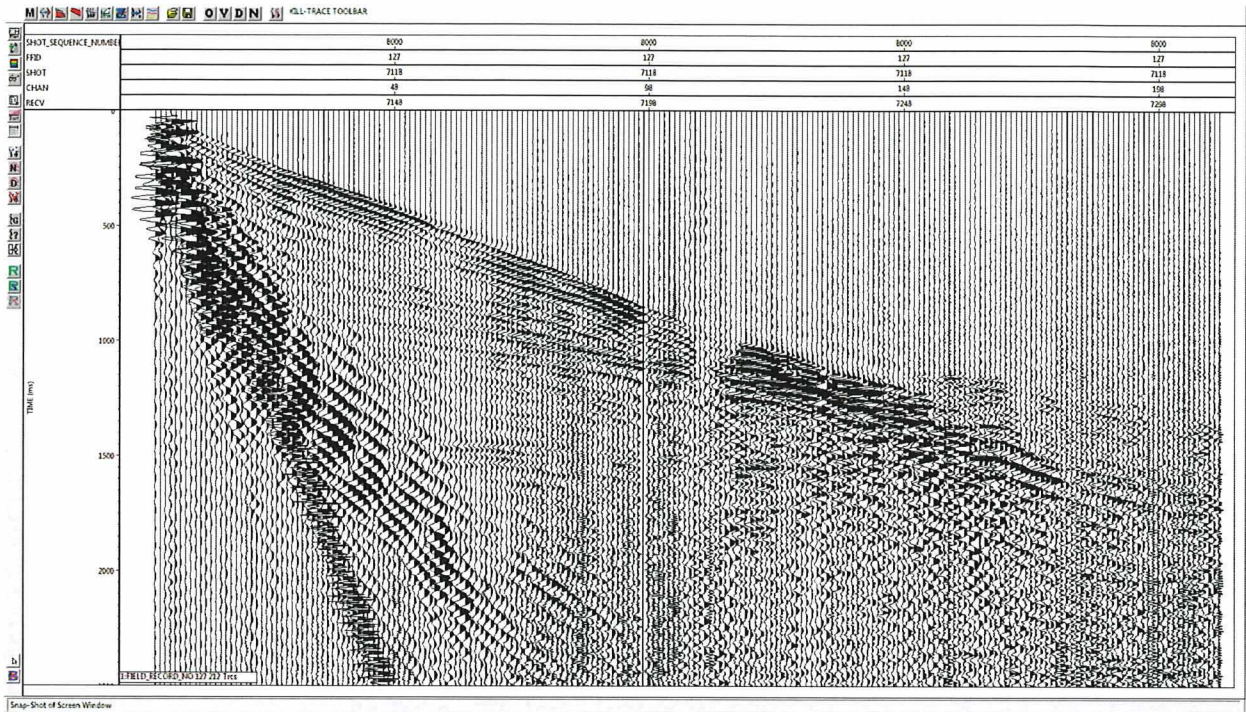


Abbildung 93: Aufnahme FFID 127, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 10 – 150 Hz, linearer Sweep, 80% Kraft

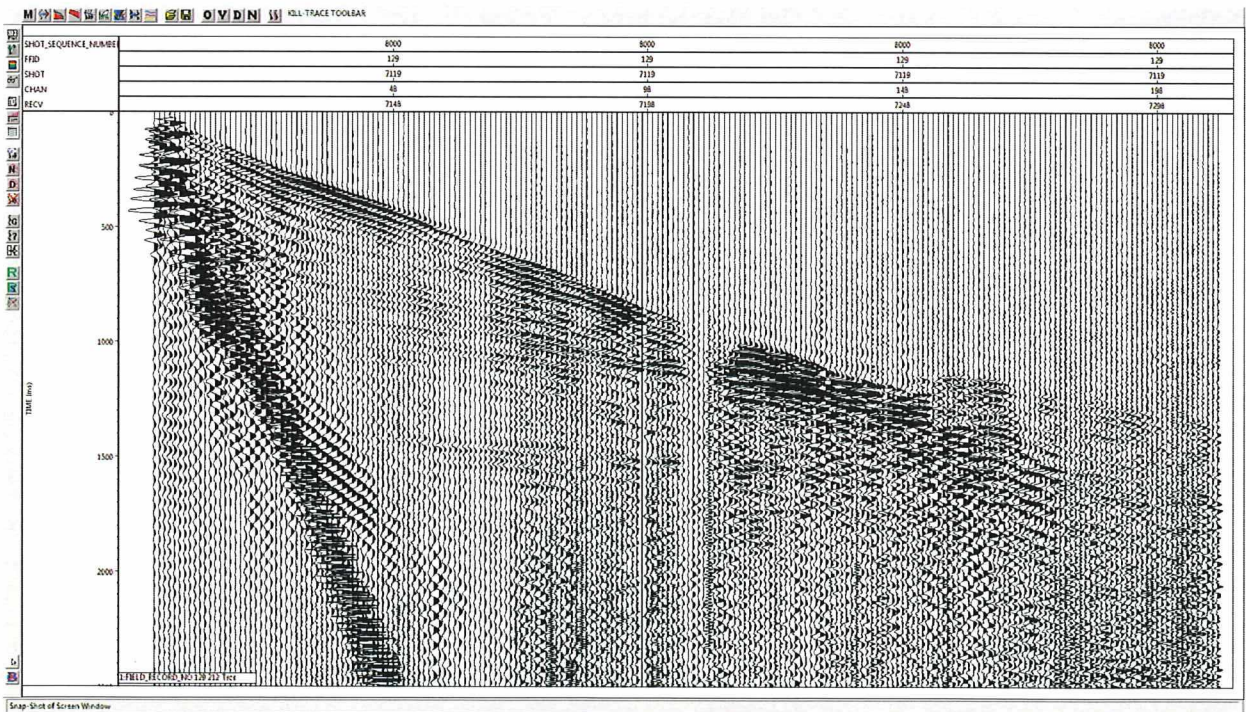



Abbildung 94: Aufnahme FFID 129, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 14 – 144 Hz, linearer Sweep, 80% Kraft

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the context of 3D - Seismic Axis II

Blatt: 80

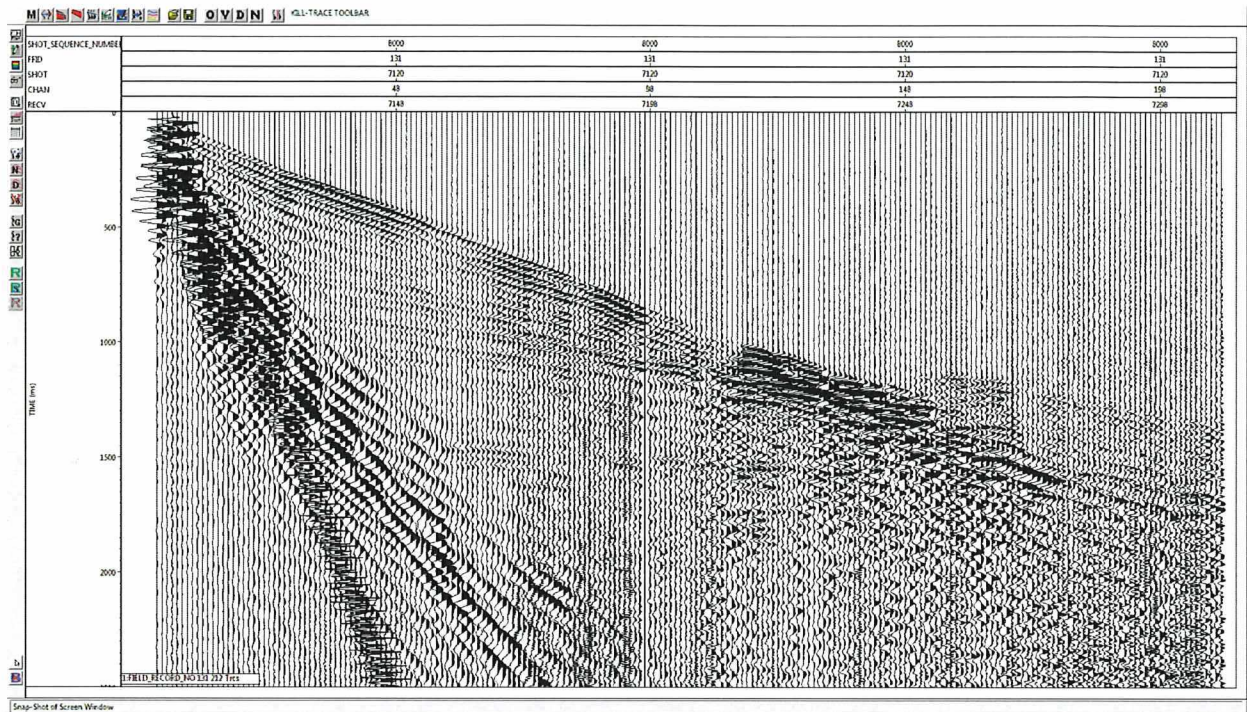


Abbildung 95: Aufnahme FFID 131, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 135 Hz, benutzerdefinierter Sweep, 80% Kraft

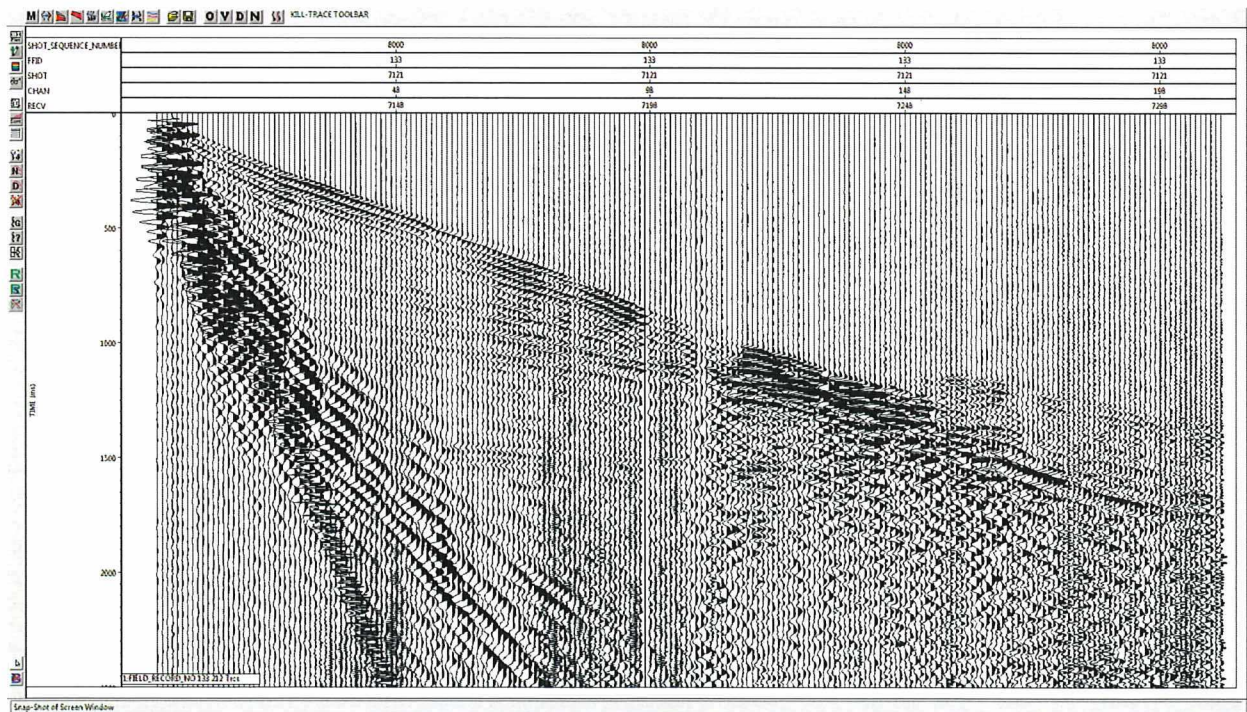



Abbildung 96: Aufnahme FFID 133, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 150 Hz, benutzerdefinierter Sweep, 80% Kraft

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 81

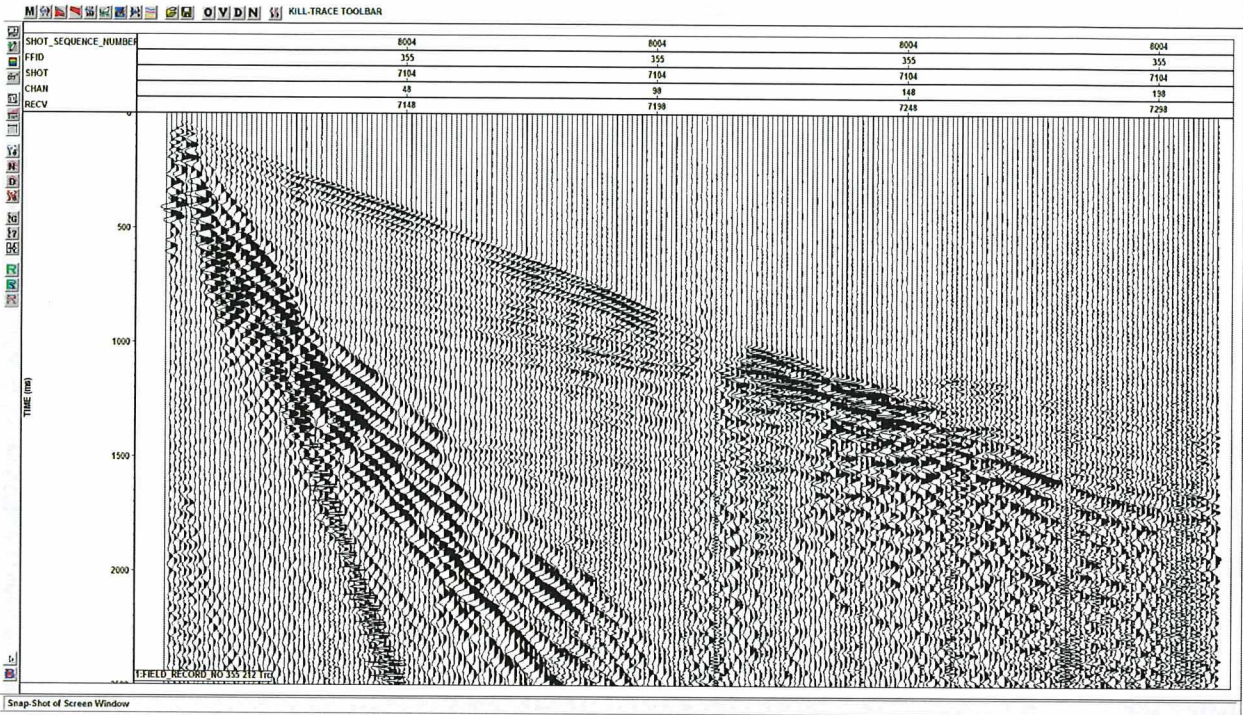


Abbildung 97: Aufnahme FFID 335, Einzelpunkt, 1 Vibrator, 5 – 120 Hz, benutzerdefinierter Sweep, 80% Kraft

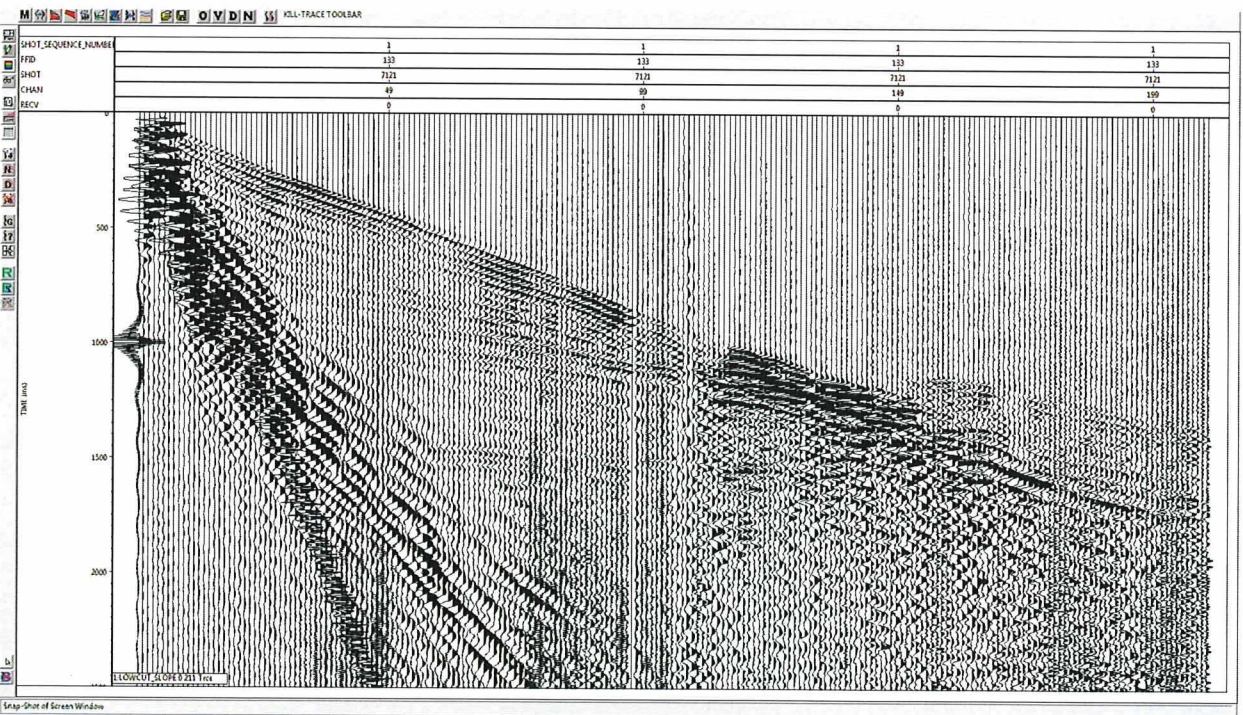



Abbildung 98: Aufnahme FFID 133, Durchlass aller Frequenzen

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Blatt: 82

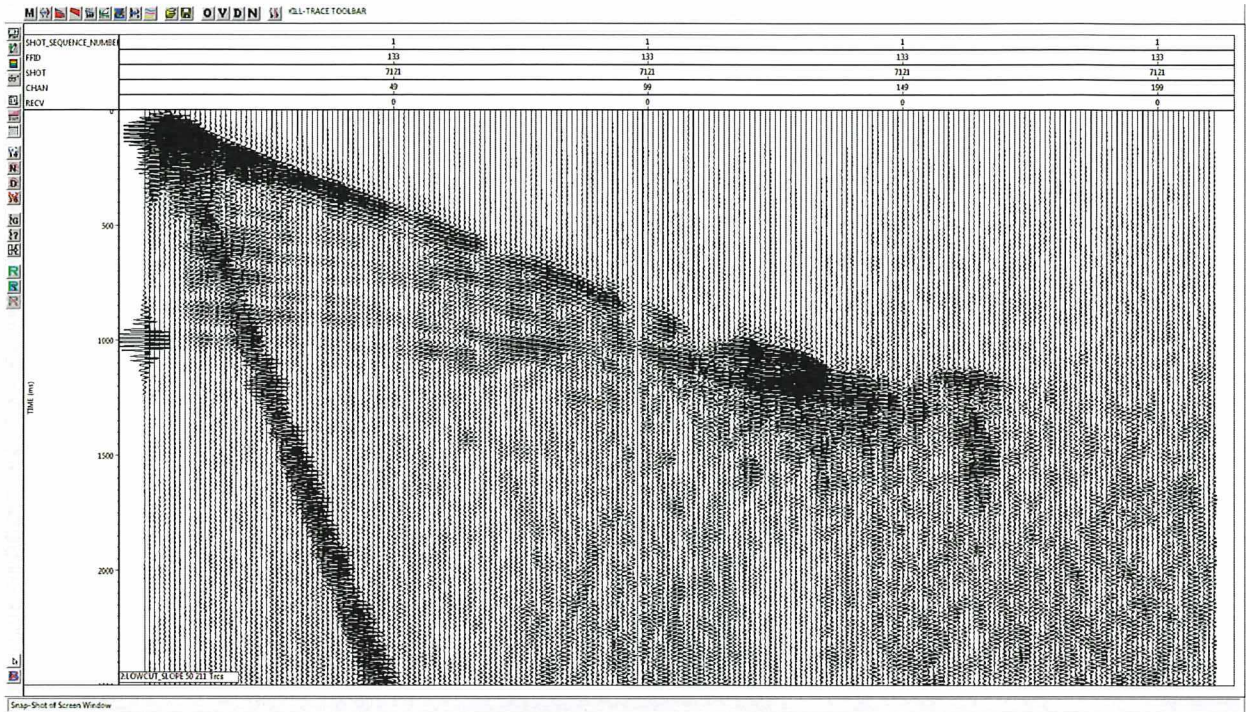


Abbildung 99: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 45-50-60-70 Hz

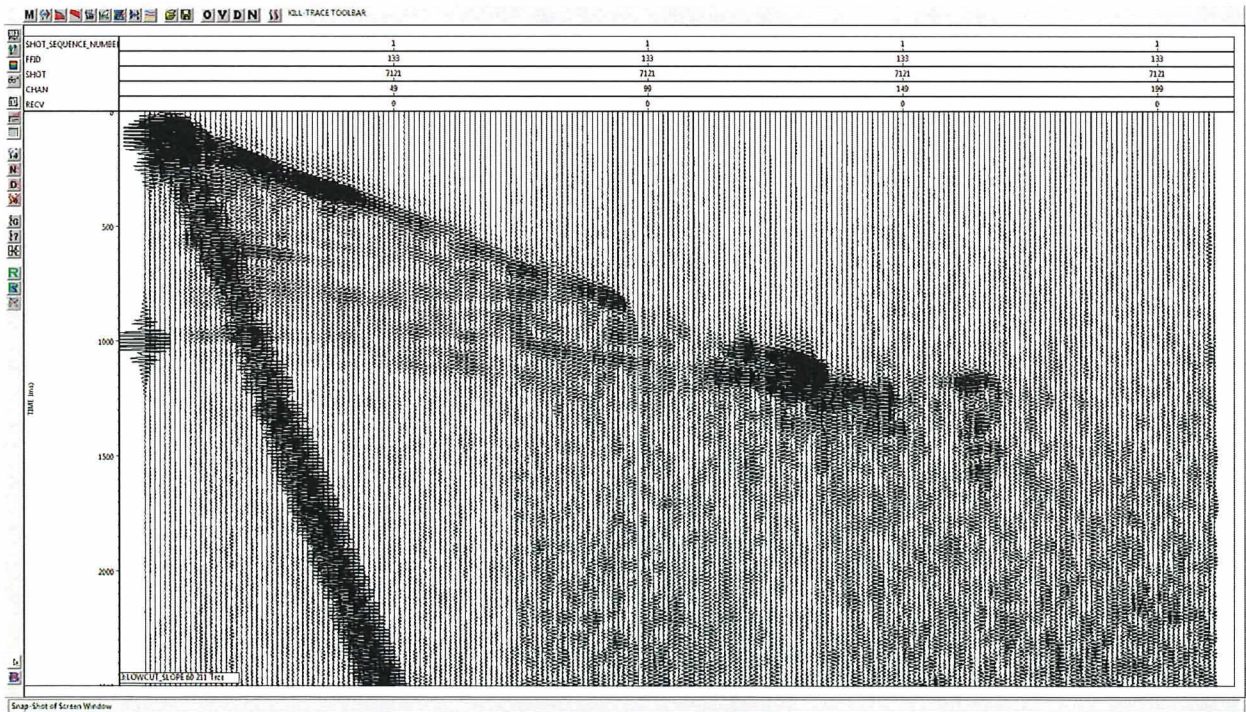



Abbildung 100: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 55-60-70-80 Hz

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Axis II

Blatt: 83

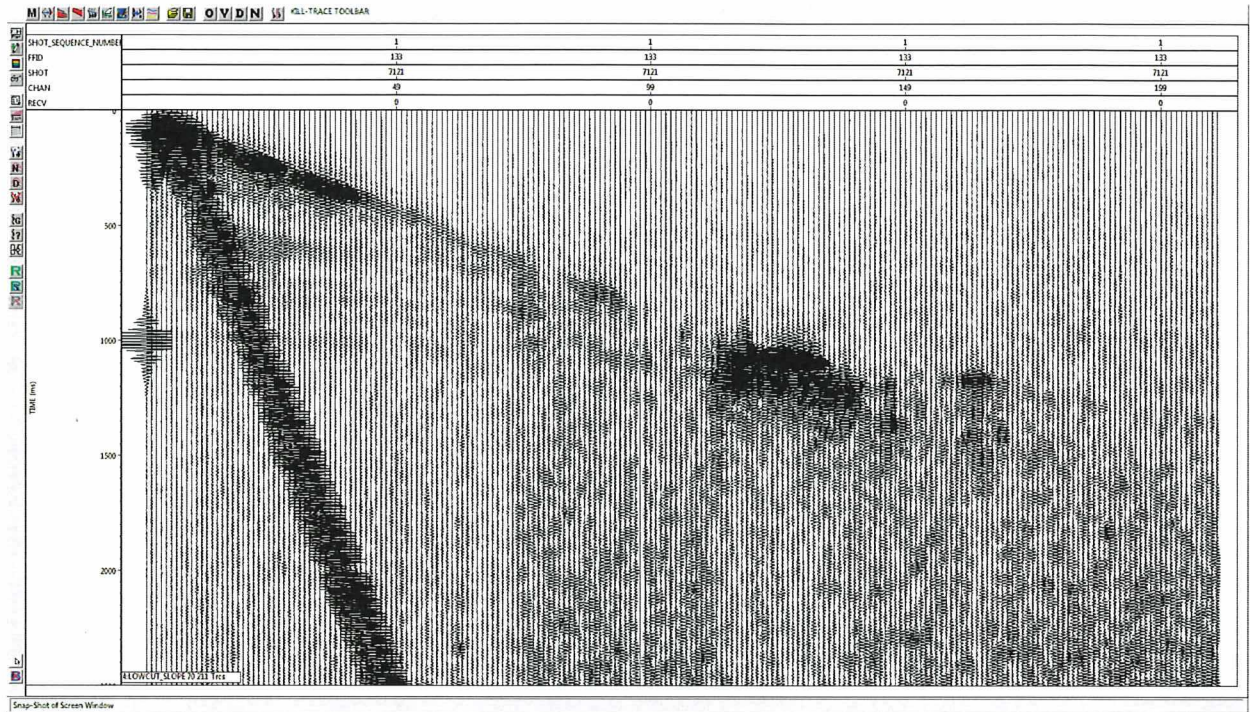


Abbildung 101: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 65-70-80-90 Hz

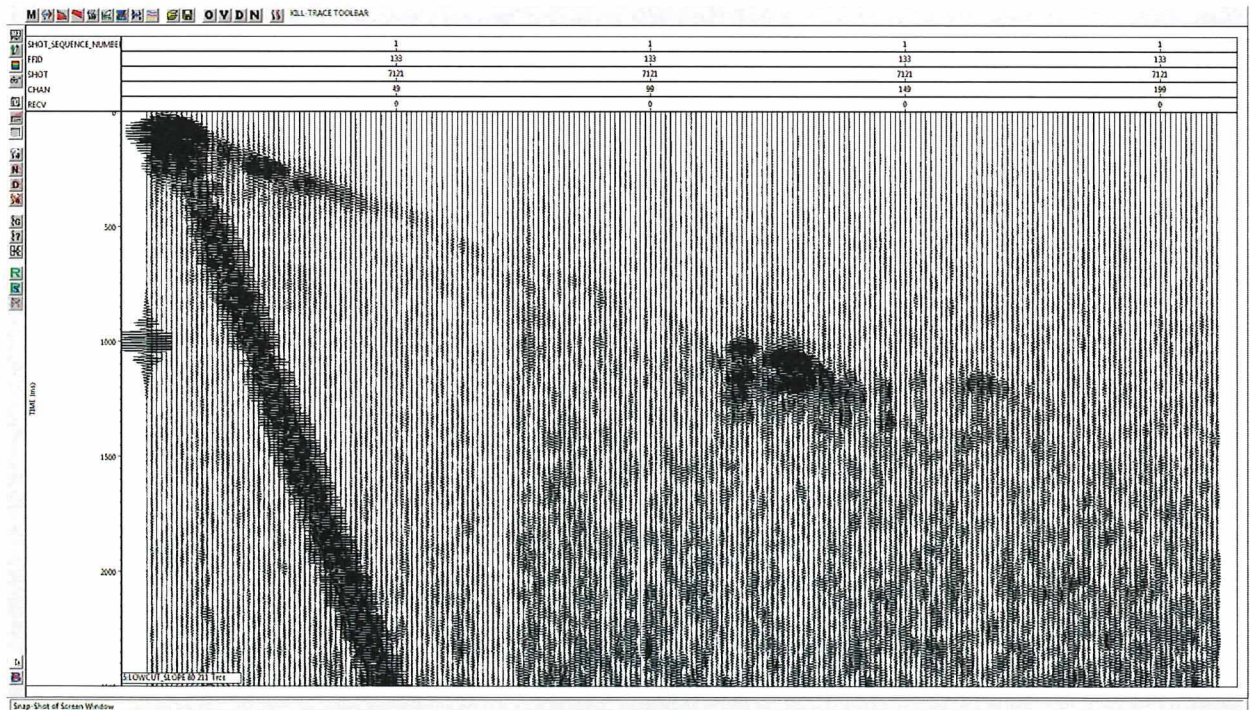



Abbildung 102: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 75-80-90-100 Hz

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the context of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 84

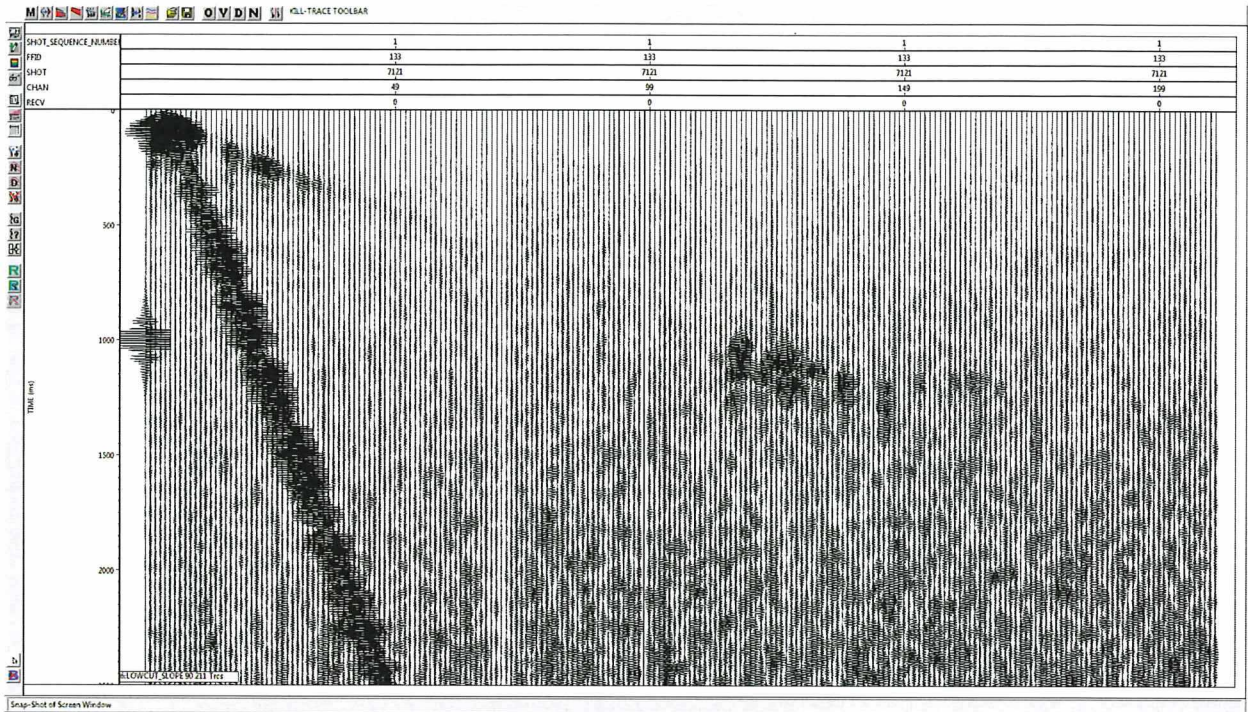


Abbildung 103: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 85-90-100-110 Hz

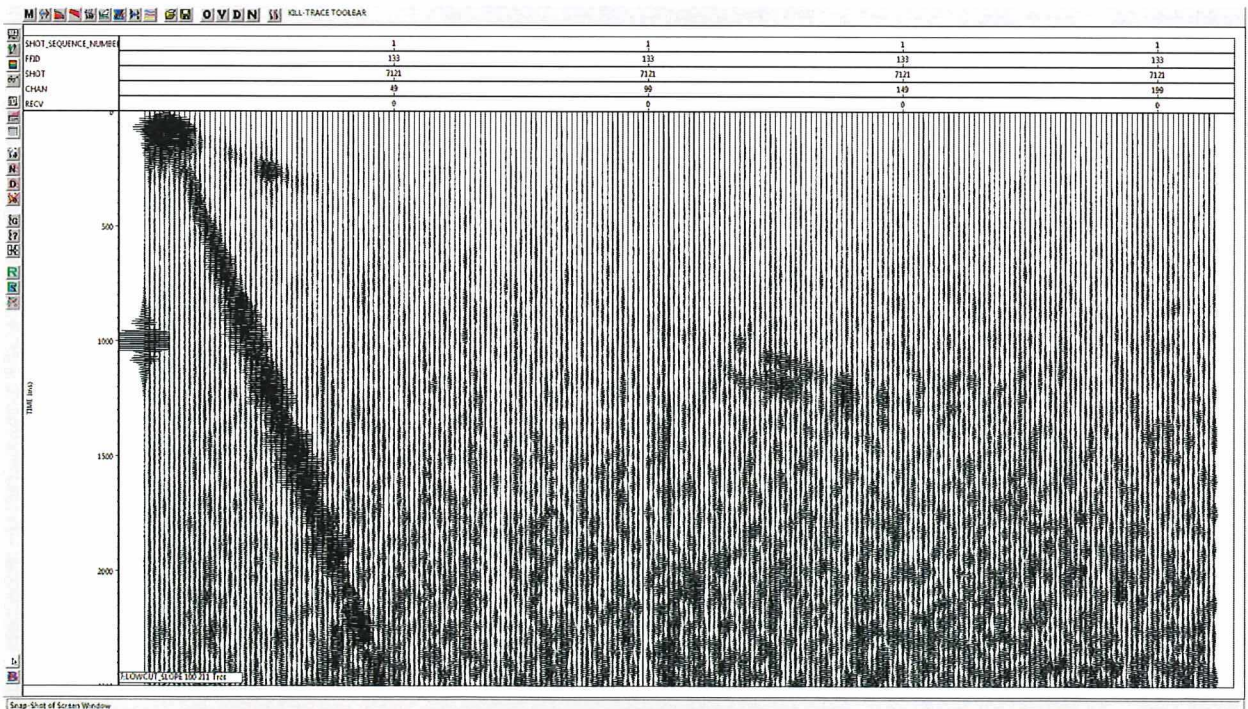



Abbildung 104: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 95-100-110-120 Hz

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II	Blatt: 85
--	-----------

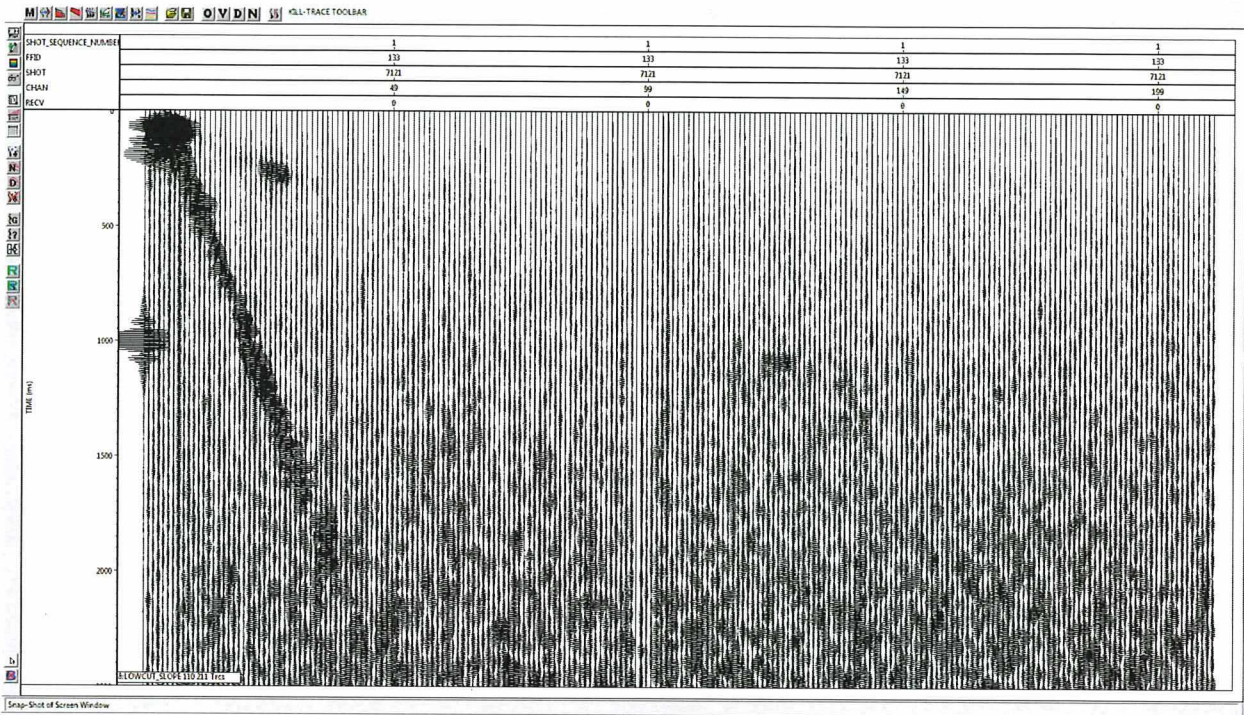


Abbildung 105: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 105-110-120-130 Hz

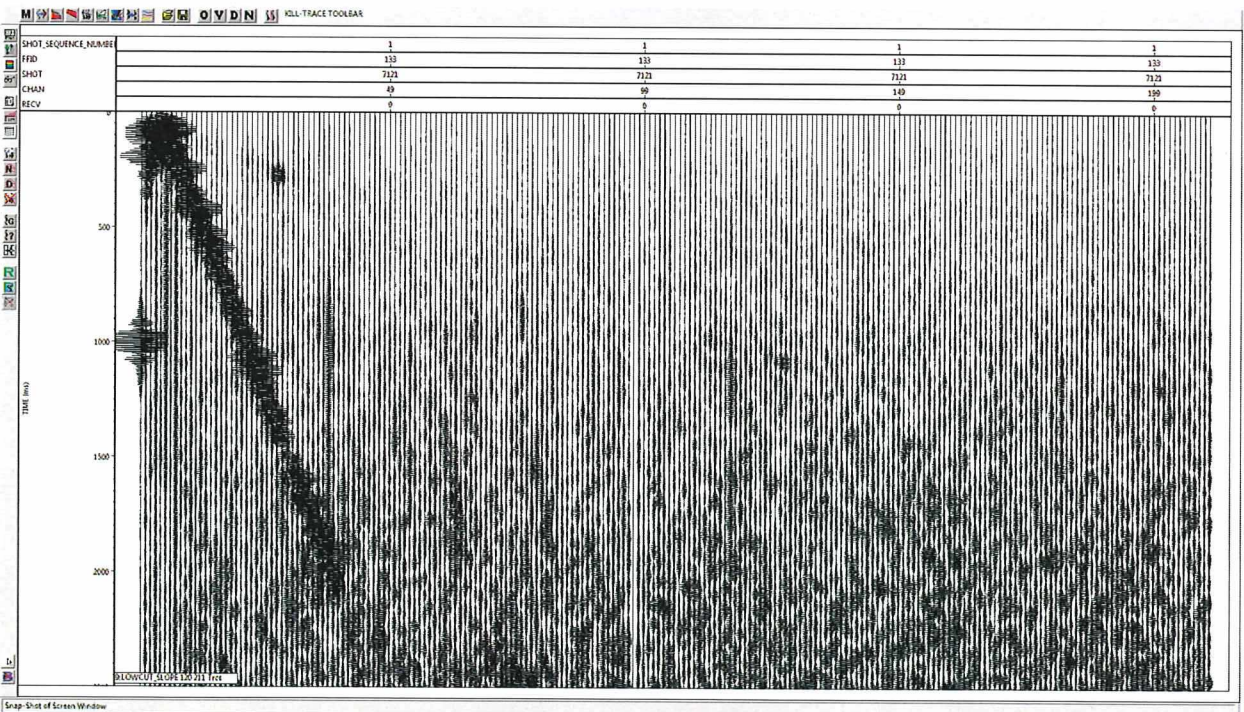



Abbildung 106: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 115-120-130-140 Hz

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNA AANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Blatt: 86

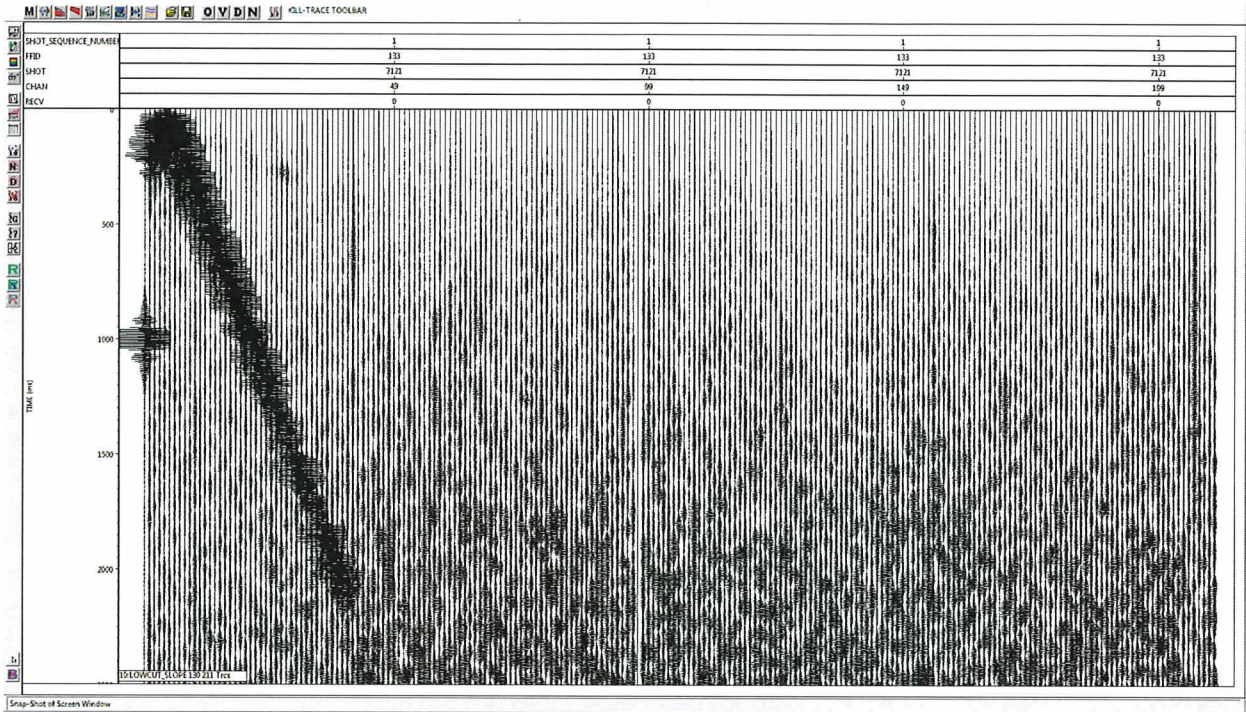


Abbildung 107: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 125-130-140-150 Hz

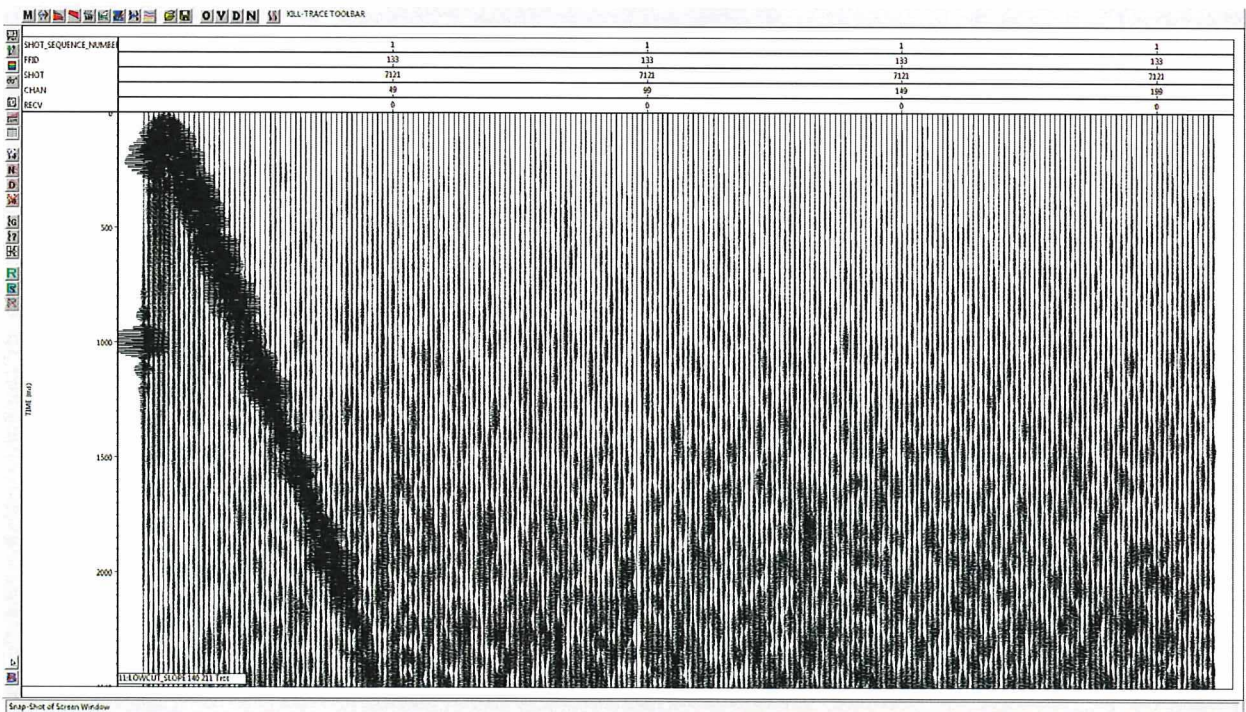



Abbildung 108: Aufnahme FFID 133, Bandpassfilter 135-140-150-160 Hz

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests in the context of 3D - Seismic Asse II									Blatt: 87

3.3.4 Analyse des Amplitudenspektrums

Für alle Analysen des Amplitudenspektrums wurde ein Fenster gewählt, das im Wesentlichen Reflexionen enthält und störende Signale der Oberflächenwellen und des Ersteinsatzes ausschließt (Abbildung 109). Abbildung 110 und Abbildung 111 zeigen die Amplitudenspektren der Sweeps mit unterschiedlichen Start- und Endfrequenzen und die zu deren Festlegung beitragen (Kapitel 3.3.2, 3.3.3).

In Abbildung 112 ist anhand der Amplitudenspektren ein Vergleich des Anregungssignals, welches bei den Testmessungen 2013 Verwendung fand (14 Hz bis 144 Hz), mit dem für die 3D-Seismik Asse 2020 festgelegten Anregungssignal (5 Hz bis 120 Hz) dargestellt. Der Sweep mit einem Frequenzbereich von 5 Hz bis 120 Hz und einer Länge von 60 s ist dem Sweep von 2013 in allen Belangen überlegen. Im Sweep von 2013 sind zwar Frequenzen über 120 Hz zu erkennen, allerdings liegt schon ab Frequenzen von ca. 80 Hz das Amplitudenniveau unter -27 dB, so dass diese Signale im Umgebungsrauschen verschwinden. Darüber hinaus wurde gezeigt, dass die hohen Frequenzen (> 90 Hz) überwiegend vom Luftschall herrühren und nicht mehr in den Reflexionen enthalten sind (Kapitel 3.3.3). Niedrige Frequenzen (< 14 Hz) wurden bei den Testmessungen 2013 gar nicht angeregt, während bei der aktuellen Messung auch Amplituden ab 5 Hz beitragen. Betrachtet man einen nutzbaren Frequenzbereich bis 80 Hz, so ergibt sich damit für den Sweep der 3D-Seismik Asse 2020 eine Bandbreite von 4 Oktaven, während das Signal von 2013 nur 2,5 Oktaven überstreicht.

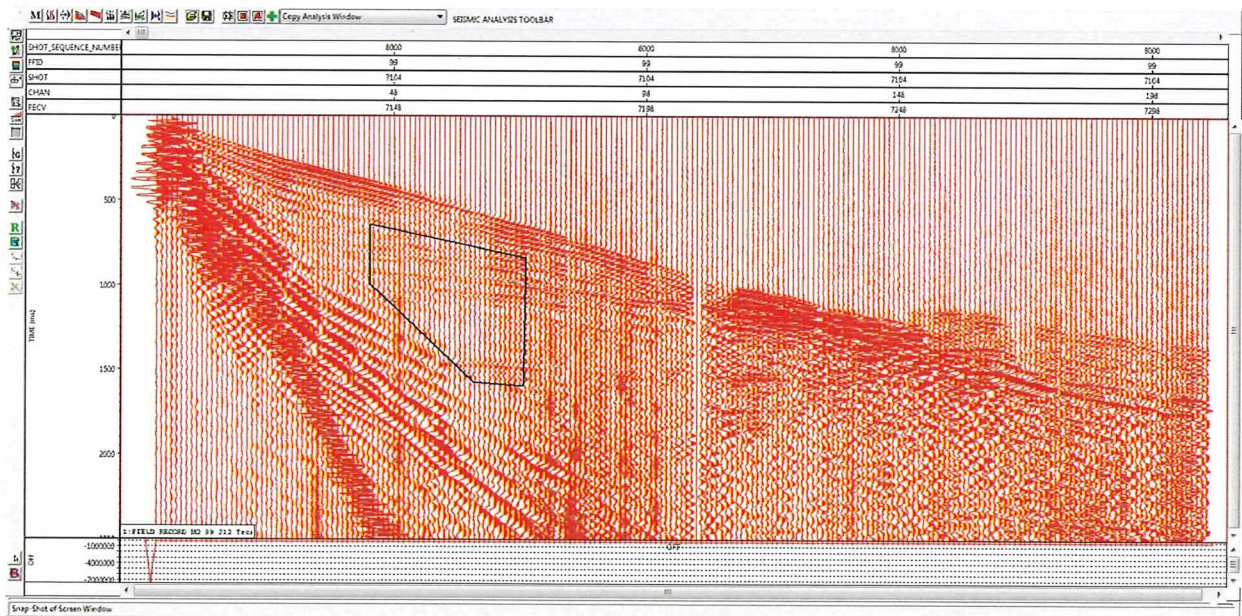



Abbildung 109: Spektralanalysefenster (schwarzer Rahmen) für alle vibroseismischen Anregungspunkte des Parametertests

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the context of 3D - Seismic Axis II

Blatt: 88

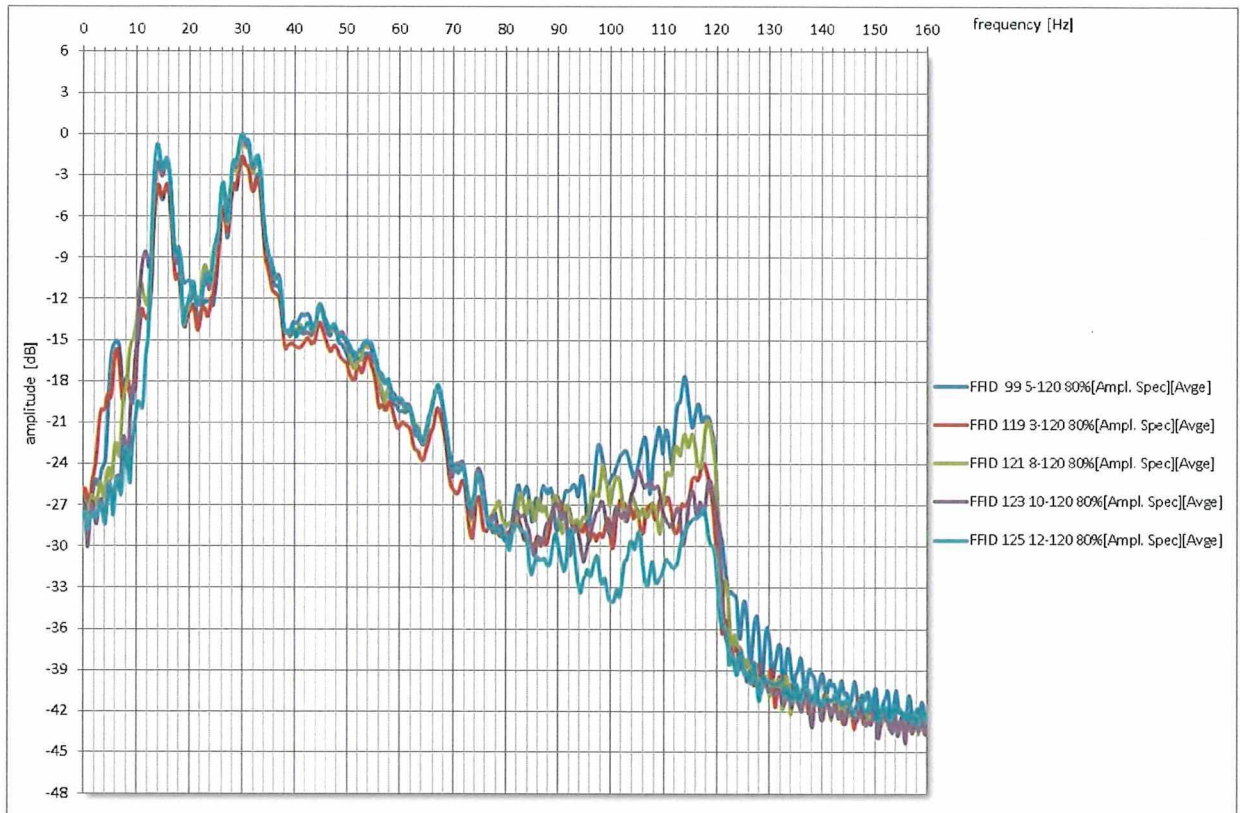


Abbildung 110: Spektralanalyse von verschiedenen Startfrequenzen des Sweeps

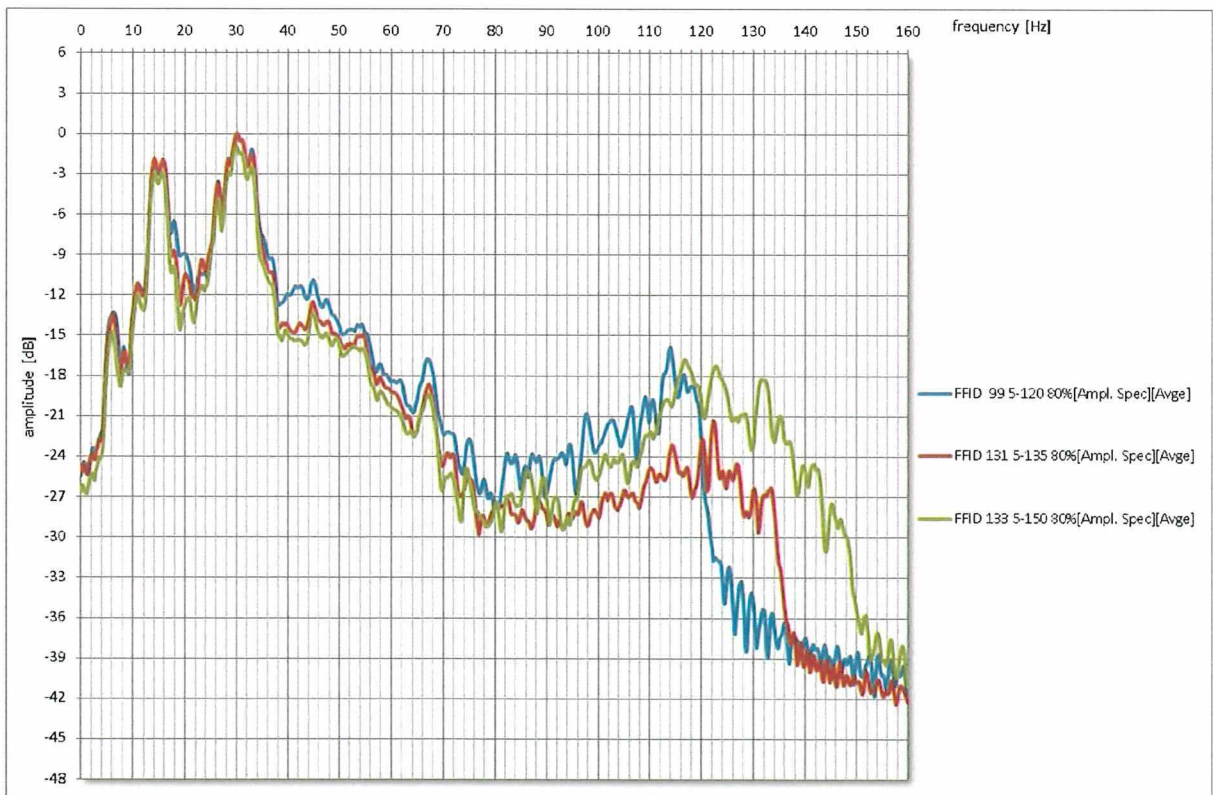


Abbildung 111: Spektralanalyse von verschiedenen Endfrequenzen des Sweeps

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameterests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II

Blatt: 89

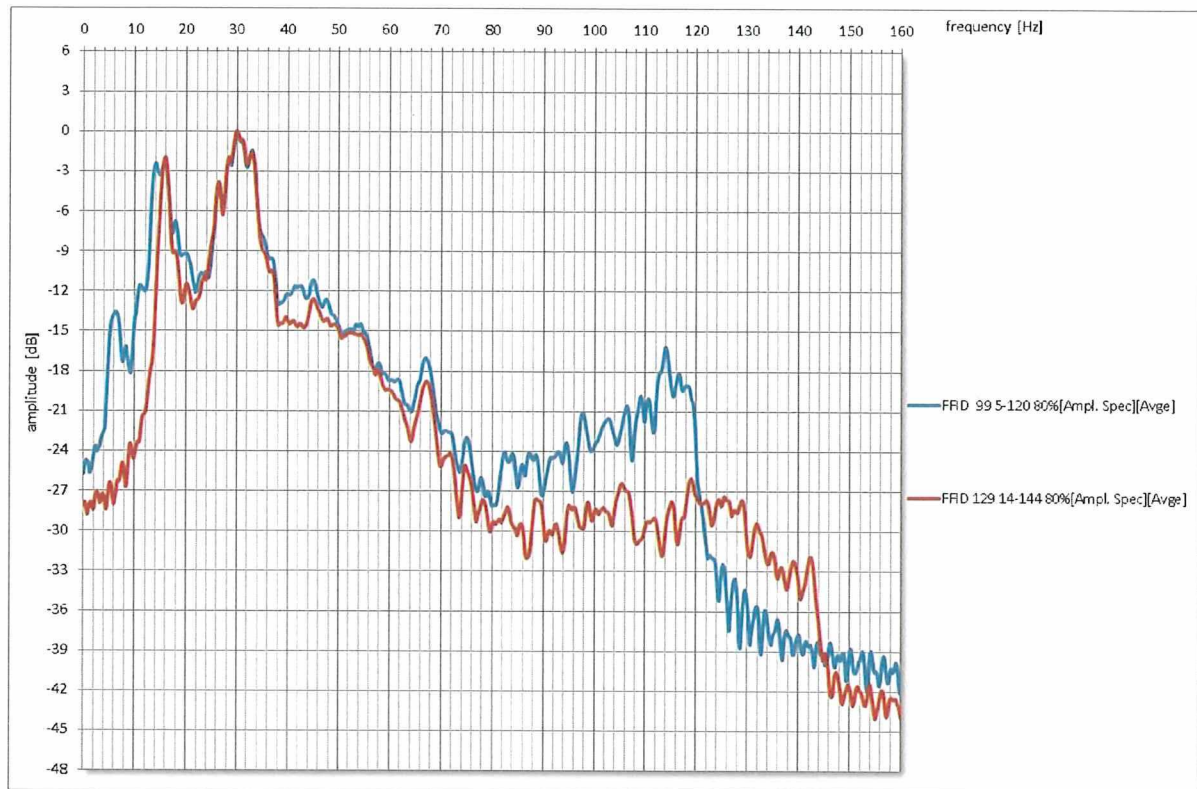


Abbildung 112: Spektralanalyse des Sweeps von 2013 (rote Linie) im Vergleich zum ausgewählten Sweep der 3D-Seismik 2020 (blaue Linie)

3.3.5 Slip-Sweep-Verfahren

Ziel des Slip-Sweep-Verfahrens ist es, die Messdauer erheblich zu verkürzen, indem verschiedene Vibratoren unabhängig voneinander im Messgebiet arbeiten und sich dabei die abgestrahlten Sweeps zeitlich überlappen können. Die Sweeps der einzelnen Vibratoren selber unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Art, ihrer Länge oder ihres Frequenzbereiches nicht und die sich zeitlich überlappenden Registrierungen werden zu einem späteren Zeitpunkt in der Datenaufbereitung anhand ihrer Einsatzzeit und der Kreuzkorrelation mit dem Anregungssignal voneinander getrennt.

Abbildung 113 zeigt in einem Frequenz-Zeit-Diagramm beispielhaft die Anregung des 60 s langen benutzerdefinierten Sweeps im Frequenzbereich von 5 Hz bis 120 Hz von einem Vibrator. Zu erkennen sind die Grundmode (Grundschiwingung) des Sweeps sowie mehrere höhere Moden (Oberschwingungen als ganzzahlige Vielfache der Grundschiwingung), die bei der Anregung entstehen. Bei einer Anregung im Slip-Sweep-Verfahren mit zwei oder mehreren Vibratoren überlagert sich die Grundmode einer Anregung mit den höheren Moden des folgenden Sweeps, was zu einem sogenannten harmonischen Rauschen (Harmonic Noise) in den Daten führt.

Abbildung 114 zeigt in einem Frequenz-Zeit-Diagramm die Anregung des benutzerdefinierten Sweeps von drei Vibratoren, die im Slip-Sweep-Verfahren arbeiten und deren Sweeps um 26 s zeitversetzt (Slip-Zeit) starten. Für jede Anregung der Vibratoren sind die Grundmode sowie mehrere höhere Moden zu erkennen. Die höheren Moden des 2. Sweeps überlagern sich mit der Grundmode des 1. Sweeps – z.B. überlagert sich die 1. Oberschwingung des 2. Sweeps mit der Grundmode des 1. Sweeps nach einer Dauer des 2. Sweeps von 24 s bei ungefähr 100 Hz.

Durch die Wahl der Slip-Zeit muss ein Kompromiss zwischen der Messdauer und der durch das harmonische Rauschen beeinflussten Datenqualität gefunden werden. Kleine Slip-Zeiten verkürzen die Messdauer und erhöhen das harmonische Rauschen, große Slip-Zeiten verringern das harmonische Rauschen, verlängern aber die Messdauer. Für die 3D-Seismik Asse wurde für den benutzerdefinierten Sweep im Frequenzbereich von 5 Hz bis 120 Hz mit einer Länge von 60 s aus theoretischen Überlegungen die Slip-Zeit zu 26 s gewählt (Abbildung 115). Abbildung 115 zeigt im


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II									Blatt: 90

linken Fenster die Berechnung der Grundmode des ersten angeregten Sweeps (mit der Registrierzeit von 4 s), die zugehörigen ersten drei Oberschwingungen sowie den nach 26 s Slip-Zeit zweiten angeregten Sweep, ebenfalls mit den ersten drei Oberschwingungen, vor der Korrelation. Nach der Korrelation bilden sich die Grundmoden des ersten und zweiten Sweeps als Impulsfunktionen (Spikes) bei 0 s und 26 s ab und die höheren Moden des 2. Sweeps überlagern sich mit dem korrelierten Signal des ersten Sweeps und der Registrierzeit (Abbildung 115, rechtes Fenster). Dabei überlagert sich die amplitudenstärkste 1. Oberschwingung allerdings erst bei Frequenzen von 90 Hz bis über 100 Hz mit der Registrierzeit des ersten Sweeps, was weitestgehend außerhalb des Frequenzbereichs der Nutzsignale liegt. Kleinere Slip-Zeiten würden diese Überlagerung der 1. Oberschwingung hin zu niedrigeren Frequenzen verschieben. Nicht zu vermeiden ist, dass sich höhere Moden (2. Oberschwingung, 3. Oberschwingung,...) im Frequenzbereich auch mit dem Nutzsignal überlagern. Daher kommen bei der Aufbereitung der im Slip-Sweep-Verfahren registrierten Daten auch Bearbeitungsverfahren zum Einsatz, die das harmonische Rauschen unterdrücken können. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass damit nicht auch Nutzsignale in ihrer Bandbreite beeinträchtigt werden. Es gibt verschiedene Ansätze, um das harmonische Rauschen zu verringern. Der hier verwendete Algorithmus basiert auf einer Simulation des harmonischen Rauschens, welches dann vom registrierten Datensatz mit harmonischem Rauschen subtrahiert wird (Abbildung 116, Abbildung 117). Zum Test der Unterdrückung des harmonischen Rauschens werden die folgenden Parameter variiert:

- Zielzeit (Target Time - T_T) – Zeit der Reflexion vom Zielhorizont
- Verschiebungszeit (T_S) – Verschiebung der Startzeit in Bezug auf die Zielzeit
- Zielgeschwindigkeit (V_T) – Geschwindigkeit, die zur Berechnung der offsetabhängigen Krümmung der Hyperbel der Reflexion vom Zielhorizont genutzt wird
- Taper-Länge – Länge einer kosinusförmigen Amplitudendämpfung (Taper) zu Beginn des Bereichs der Entfernung des harmonischen Rauschens

Abbildung 118 bis Abbildung 133 zeigen unter Variation der oben genannten Parameter jeweils paarweise eine Registrierung mit Entfernung des harmonischen Rauschens und deren Differenz zur Registrierung ohne Entfernung des harmonischen Rauschens. Erwartungsgemäß verschiebt sich der durch die Rauschunterdrückung beeinflusste Bereich mit der Zielzeit und der Verschiebungszeit, wobei hin zu geringerer Zielzeit auch die Zielgeschwindigkeit sinnvollerweise zu verringern ist. Ein signifikanter Einfluss der Taper-Länge ist nicht zu erkennen. Anhand der Daten im Zeitbereich kann allerdings nicht beurteilt werden, wie stark die Bandbreite der Originaldaten verändert wird. Die Berechnung des Amplitudenspektrums der Originaldaten und des simulierten harmonischen Rauschens in einem Zeitfenster das überwiegend Reflexionen enthält (Abbildung 134) zeigt, dass der Filter zur Unterdrückung des harmonischen Rauschens im Frequenzbereich oberhalb von 40 Hz einsetzt (grün gepunktete Linie in Abbildung 135). Infolgedessen werden bei einer sehr kleinen Zielzeit (z.B. 0,01 ms) in der Registrierung insbesondere Frequenzen oberhalb von 50 Hz unterdrückt (rot gepunktete Linie in Abbildung 135), was auch die Bandbreite der Reflexionen stark einschränken würde. Für die im Slip-Sweep-Verfahren angeregten Daten der 3D-Seismik Asse wurde daher eine sehr moderate Unterdrückung des harmonischen Rauschens gewählt (Zielzeit 1,4 s, Verschiebungszeit 0,0 s Zielgeschwindigkeit 3000 m/s, Taper-Länge 500 Samples), die sich nur auf große Laufzeiten auswirkt (Abbildung 119) und das Originalspektrum nahezu unbeeinflusst lässt (blaue Linie in Abbildung 135). Da an die BGE sowohl der Datensatz mit als auch ohne Unterdrückung des harmonischen Rauschens ausgeliefert wird, kann bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt noch eine andere (stärkere) Rauschunterdrückung angebracht werden.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Parameterests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II
Blatt: 91

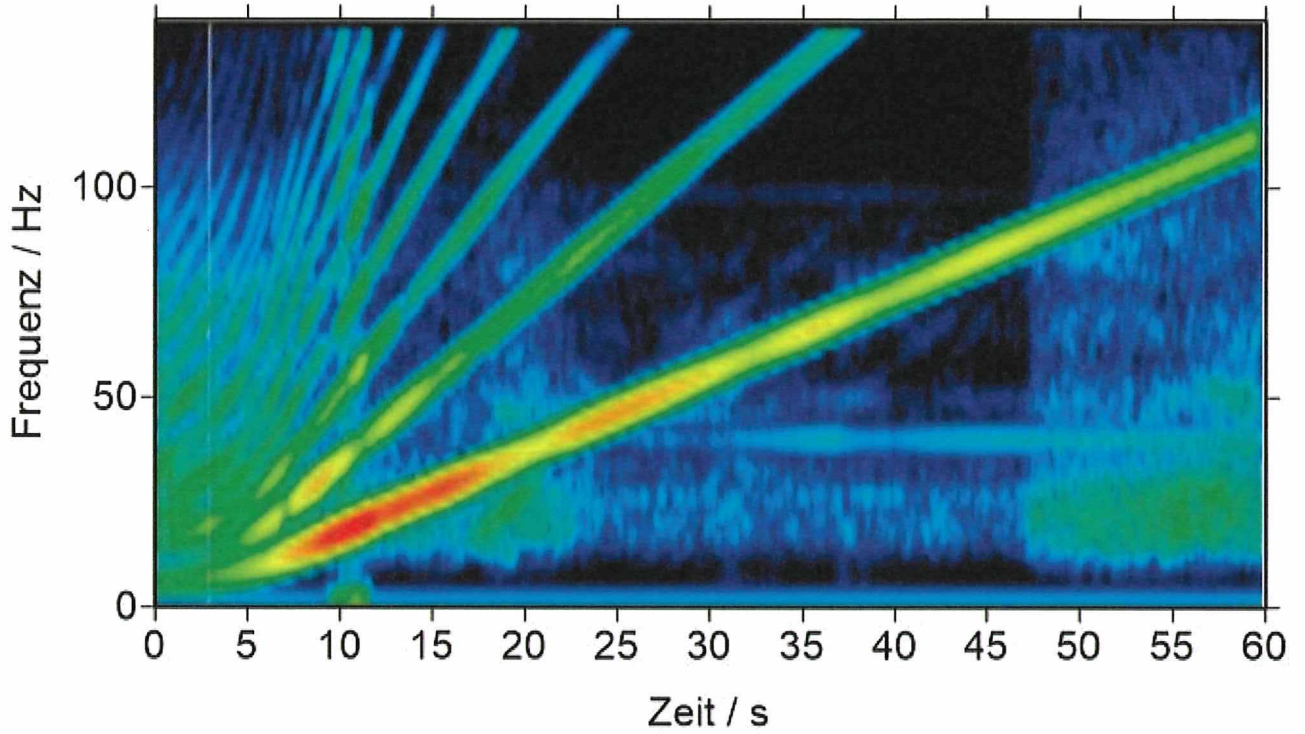


Abbildung 113: Anregung des 60 s langen benutzerdefinierten Sweeps im Frequenzbereich von 5 Hz bis 120 Hz von einem Vibrator ohne Slip-Sweep-Modus.

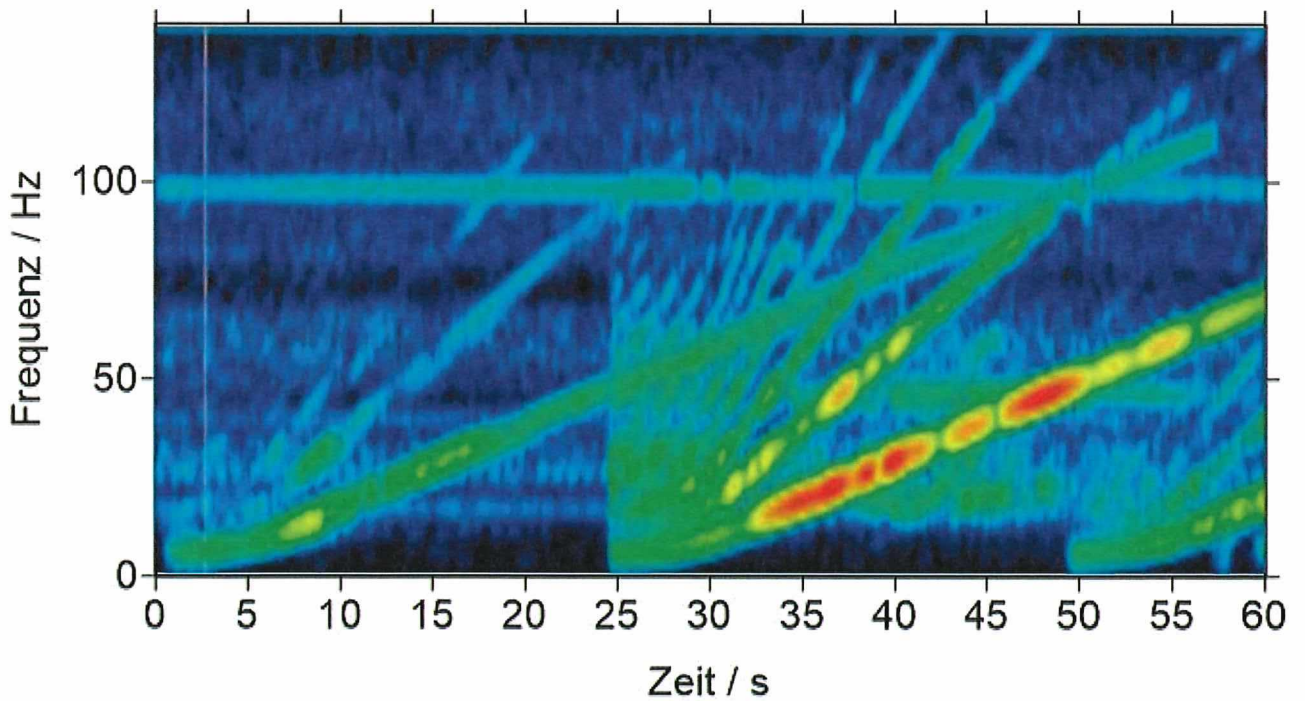



Abbildung 114: Anregung des 60 s langen benutzerdefinierten Sweeps im Frequenzbereich von 5 Hz bis 120 Hz von drei Vibratoren im Slip-Sweep-Verfahren mit einer Slip-Zeit von 26 s.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Blatt: 92

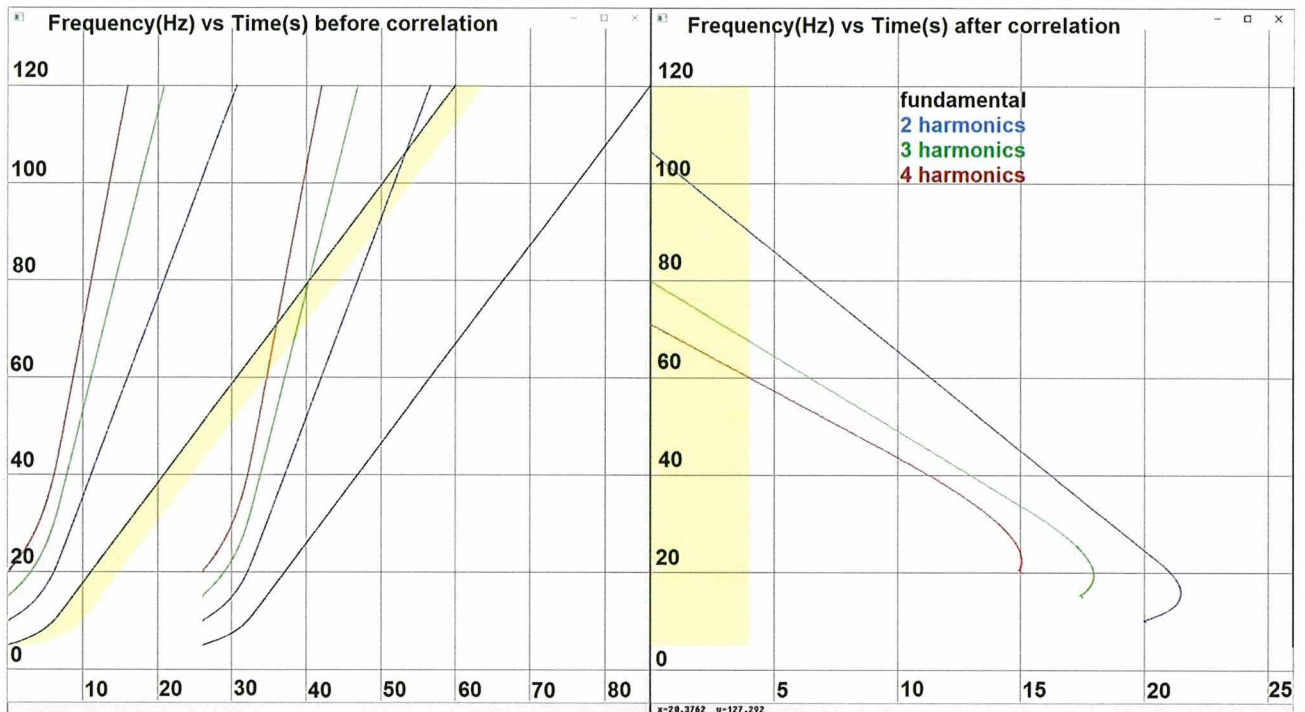



Abbildung 115: Linkes Fenster: f-t-Darstellung der Grundmode und höherer Moden zweier zeitversetzter Sweeps vor der Korrelation. Die Registrierzeit des 1. Sweeps ist Gelb hinterlegt. Rechtes Fenster: f-t-Darstellung der Grundmode des erstes Sweeps mit Registrierzeit (gelb) und Grundmode sowie höherer Moden des 2 Sweeps nach der Korrelation (schwarze Linie: Grundmode des Sweeps, blaue Linie: 1. Oberschwingung, grüne Linie: 2. Oberschwingung, Rote Linie: 3. Oberschwingung).

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the context of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 93

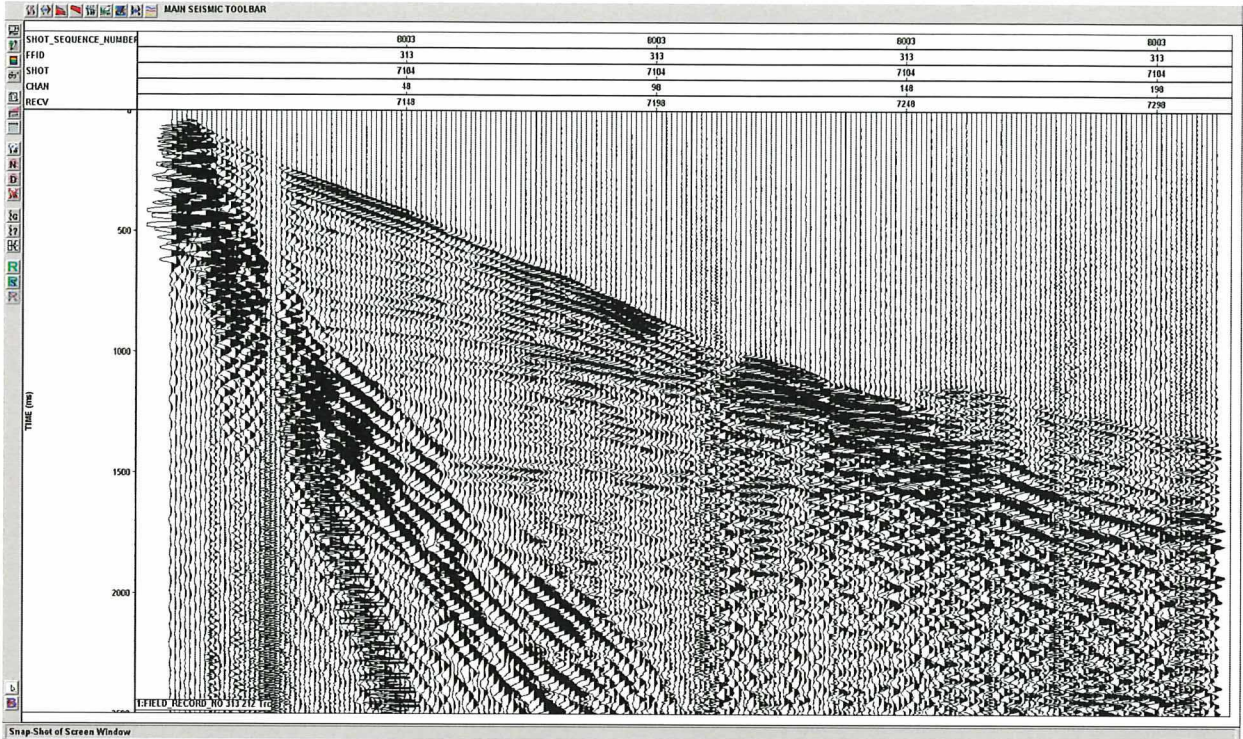


Abbildung 116: Aufzeichnung FFID 313, aufgezeichnet im Slip-Sweep-Modus ohne Entfernung des harmonischen Rauschens

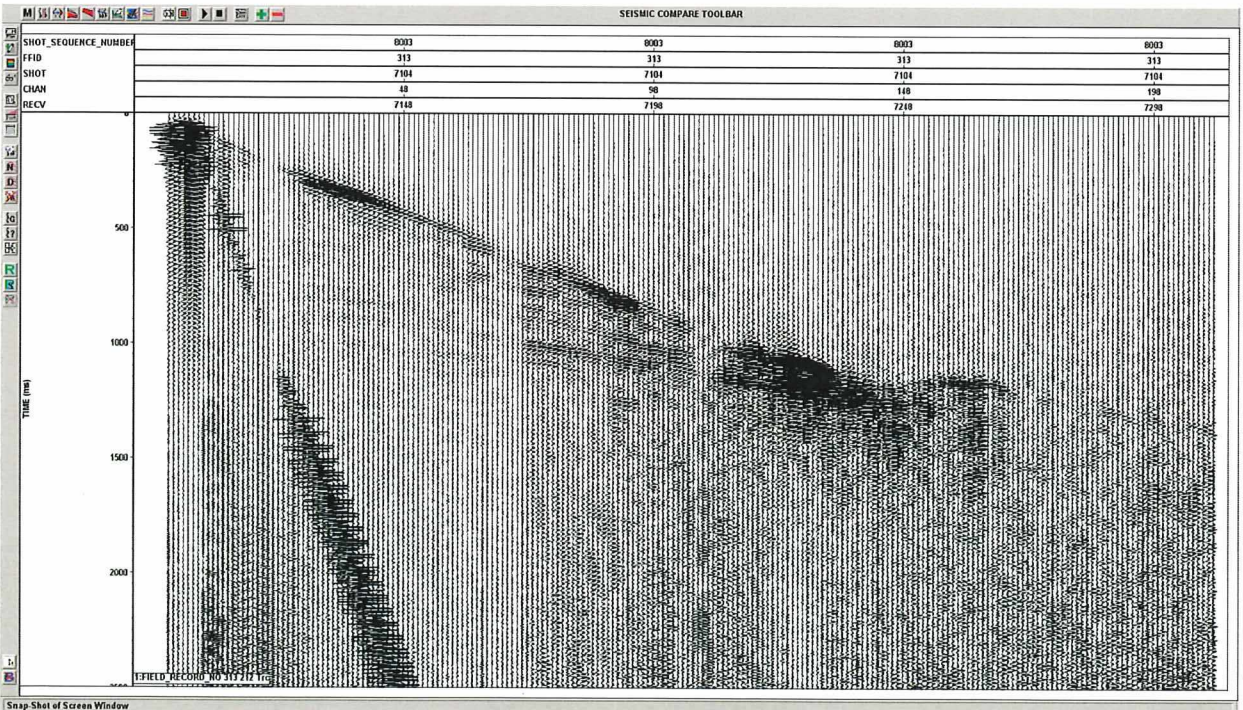


Abbildung 117: Aufzeichnung FFID 313 – Harmonisches Rauschen

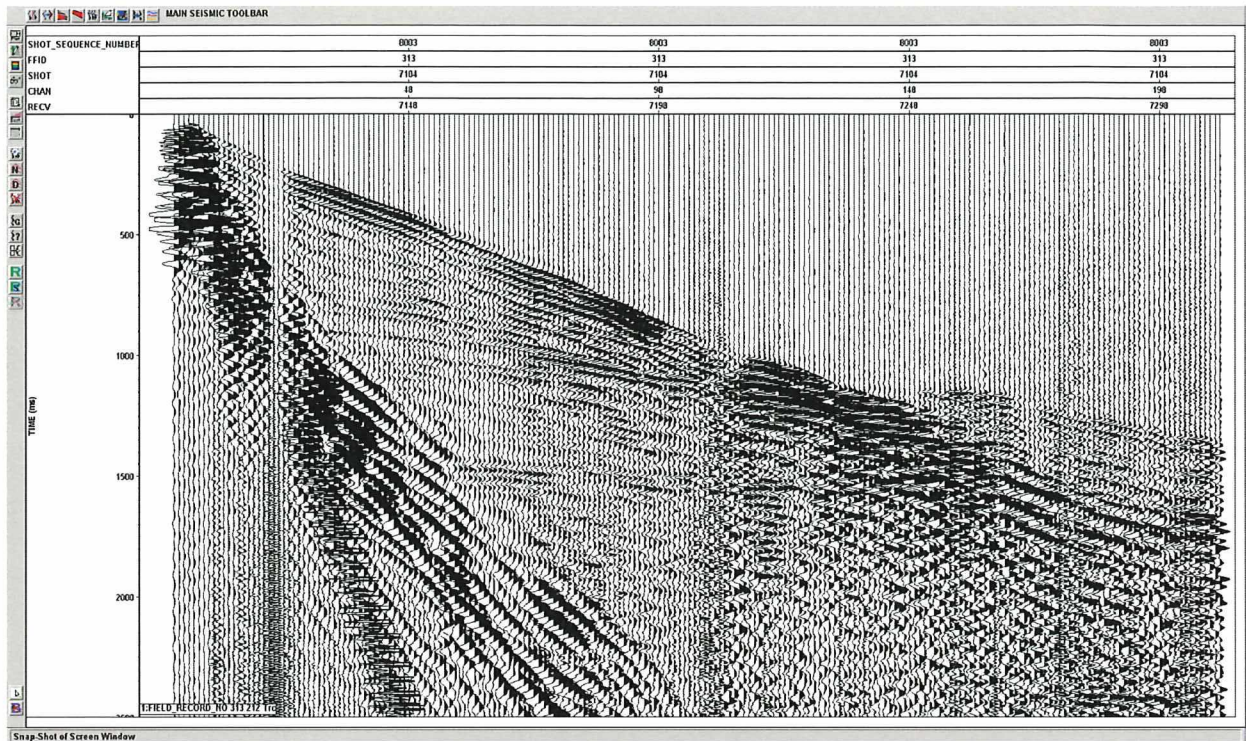


Abbildung 118: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 1,4 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 3000 m/s, Taper-Länge 500 Samples

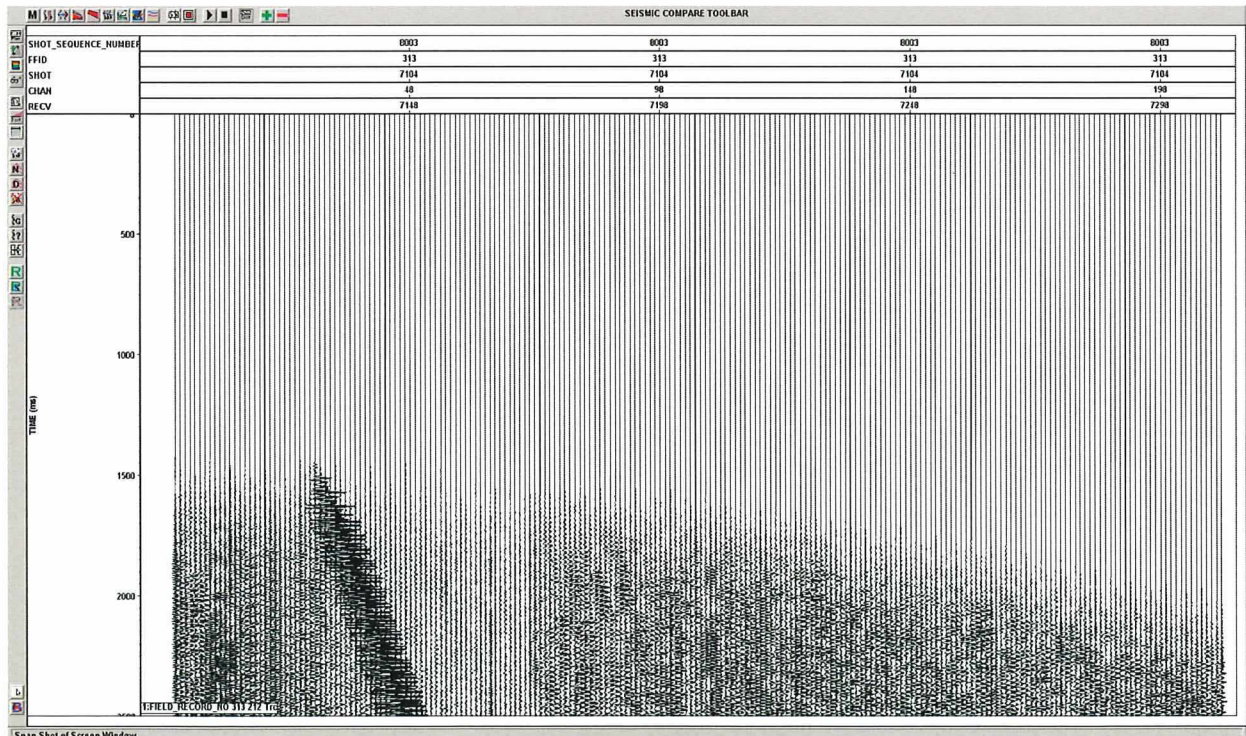

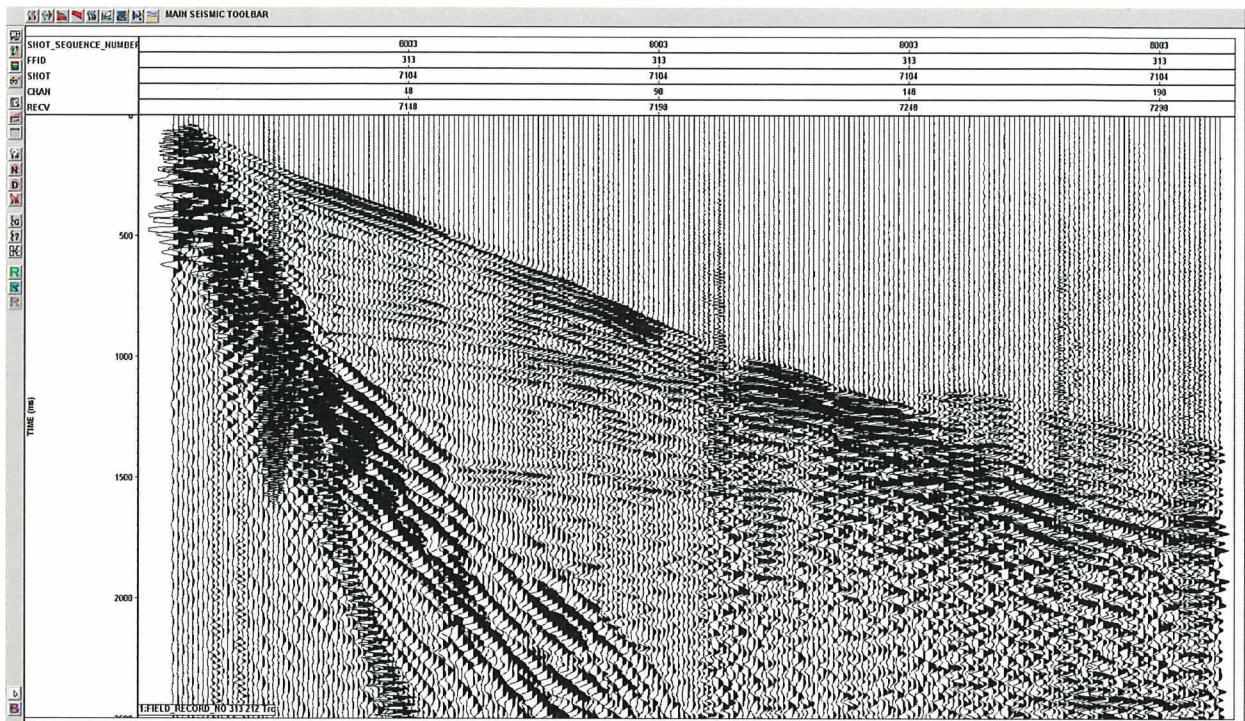


Abbildung 119: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 1,4 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 3000 m/s, Taper-Länge 500 Samples

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

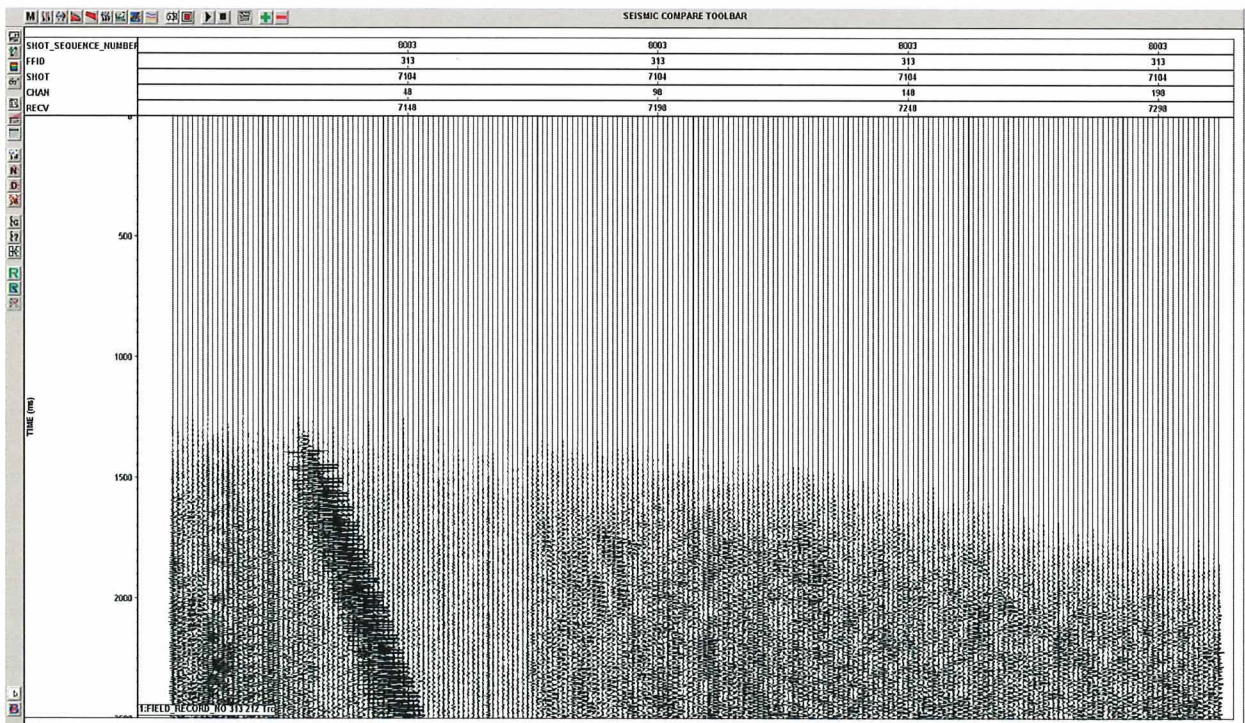
Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 95




Snap-Shot of Screen Window

Abbildung 120: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 1,4 s, Verschiebungszeit -0,2 s, Zielgeschwindigkeit 3000 m/s, Taper-Länge 500 Samples



Snap-Shot of Screen Window

Abbildung 121: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 1,4 s, Verschiebungszeit -0,2 s, Zielgeschwindigkeit 3000 m/s, Taper-Länge 500 Samples

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	5610000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Axis II

Blatt: 96

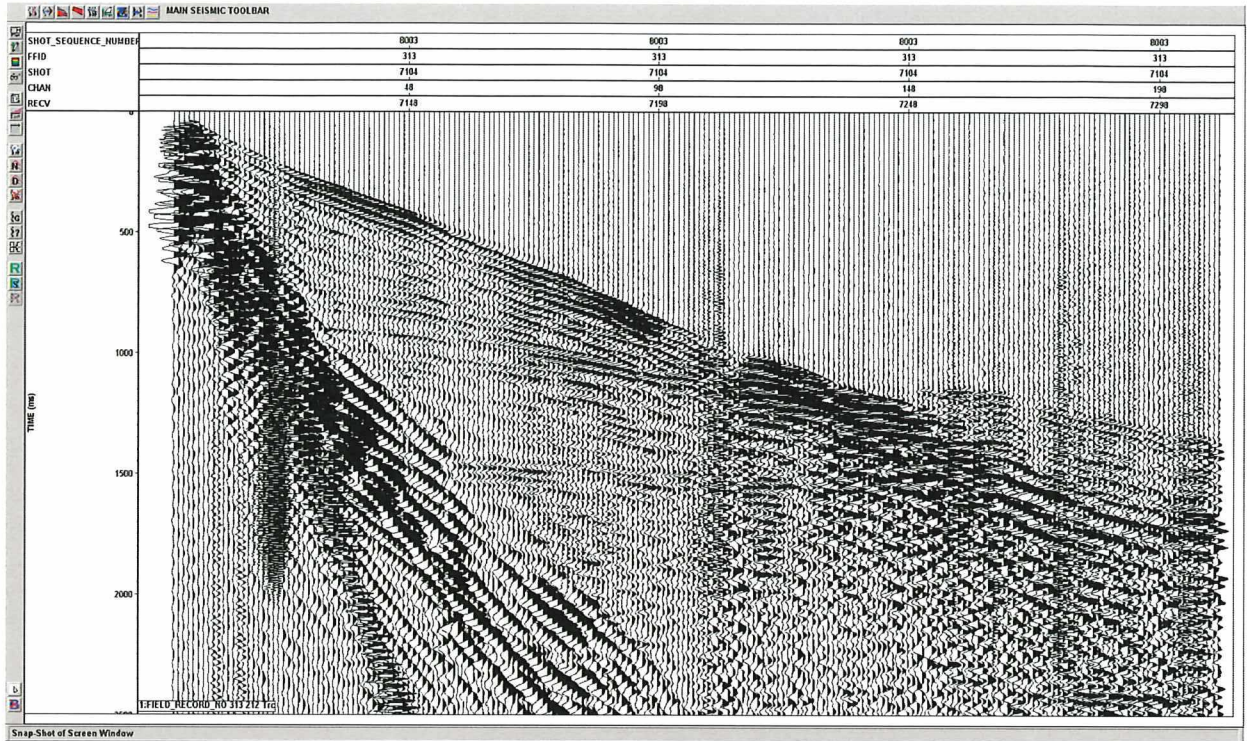


Abbildung 122: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 1,4 s, Verschiebungszeit 0,2 s, Zielgeschwindigkeit 3000 m/s, Taper-Länge 500 Samples

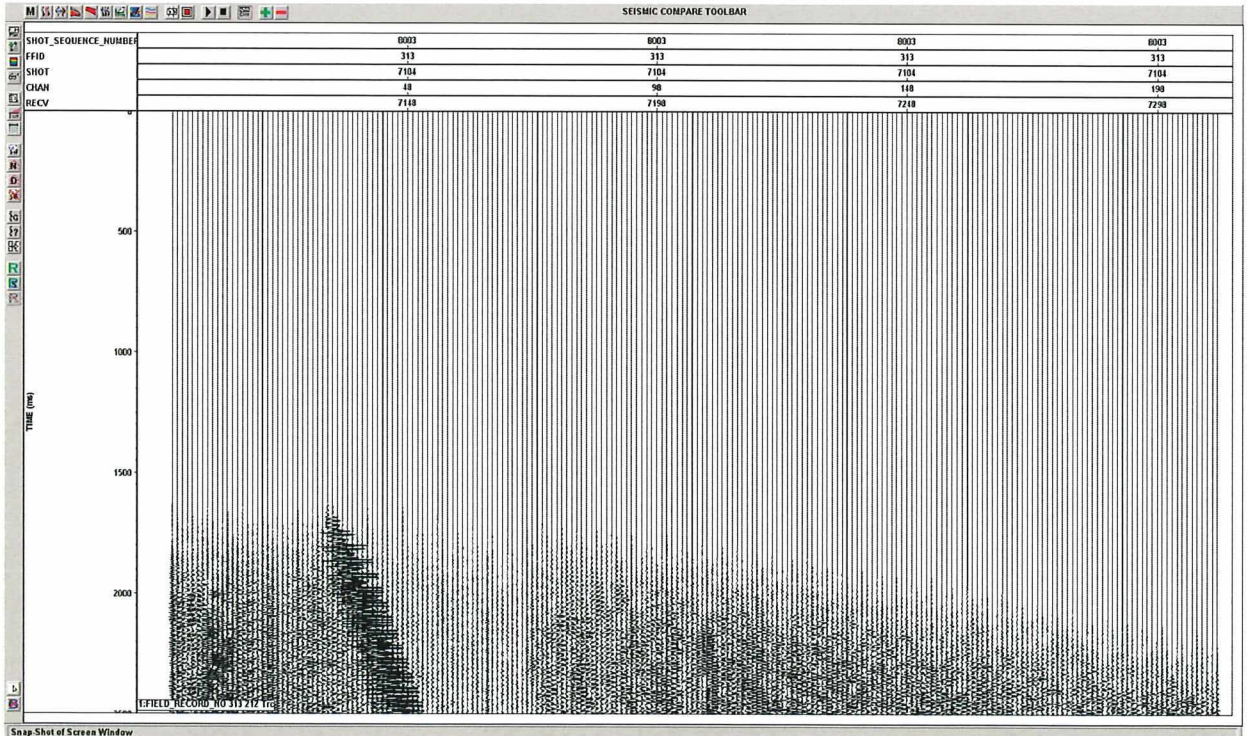



Abbildung 123: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 1,4 s, Verschiebungszeit 0,2 s, Zielgeschwindigkeit 3000 m/s, Taper-Länge 500 Samples

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	5610000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 97

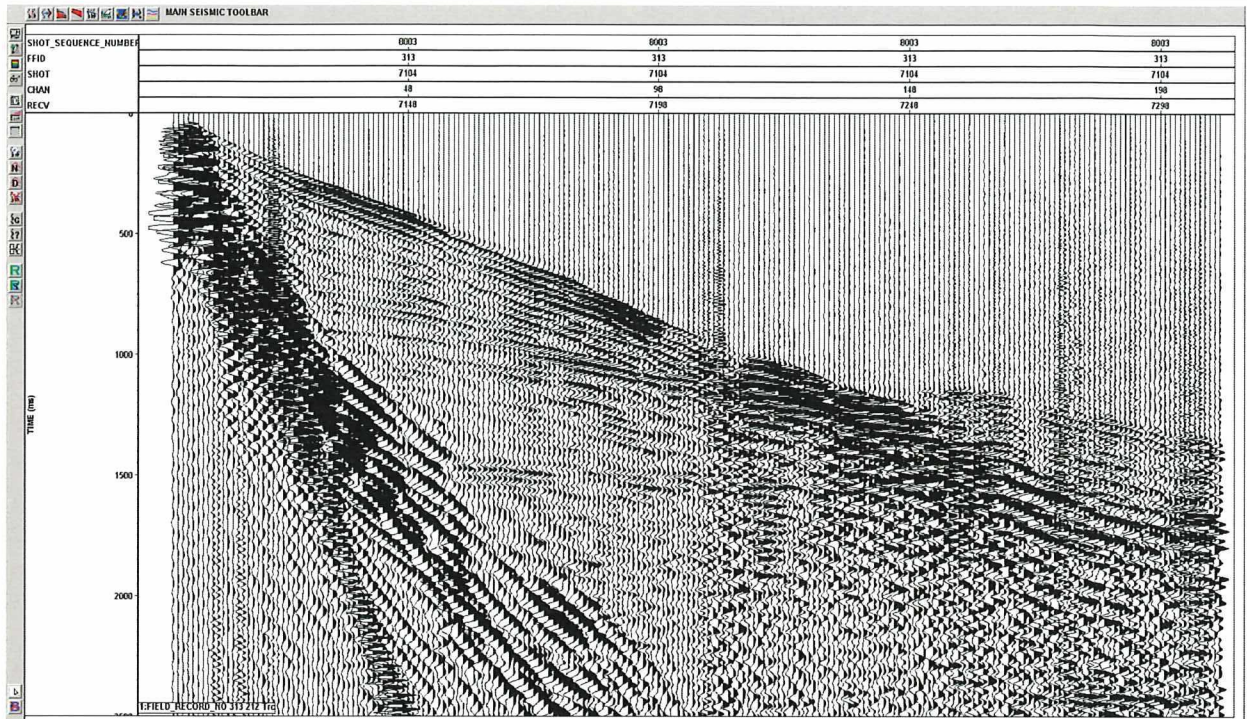


Abbildung 124: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,75 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 2300 m/s, Taper-Länge 200 Samples

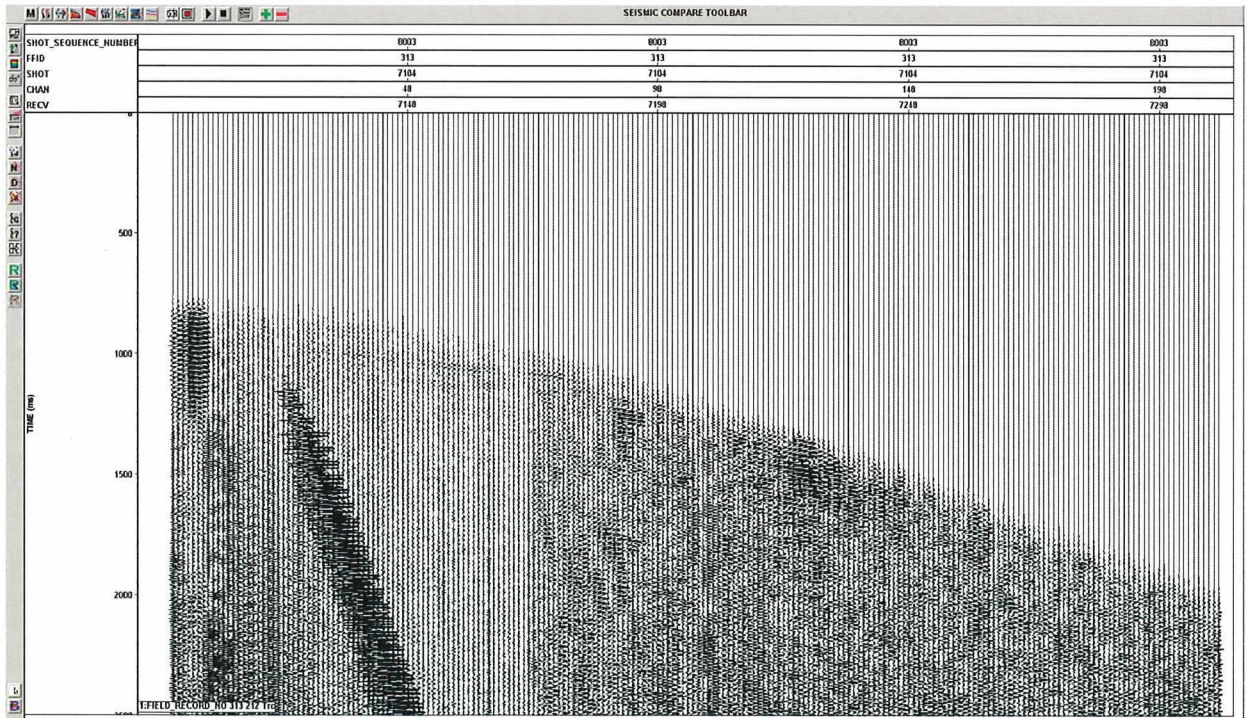

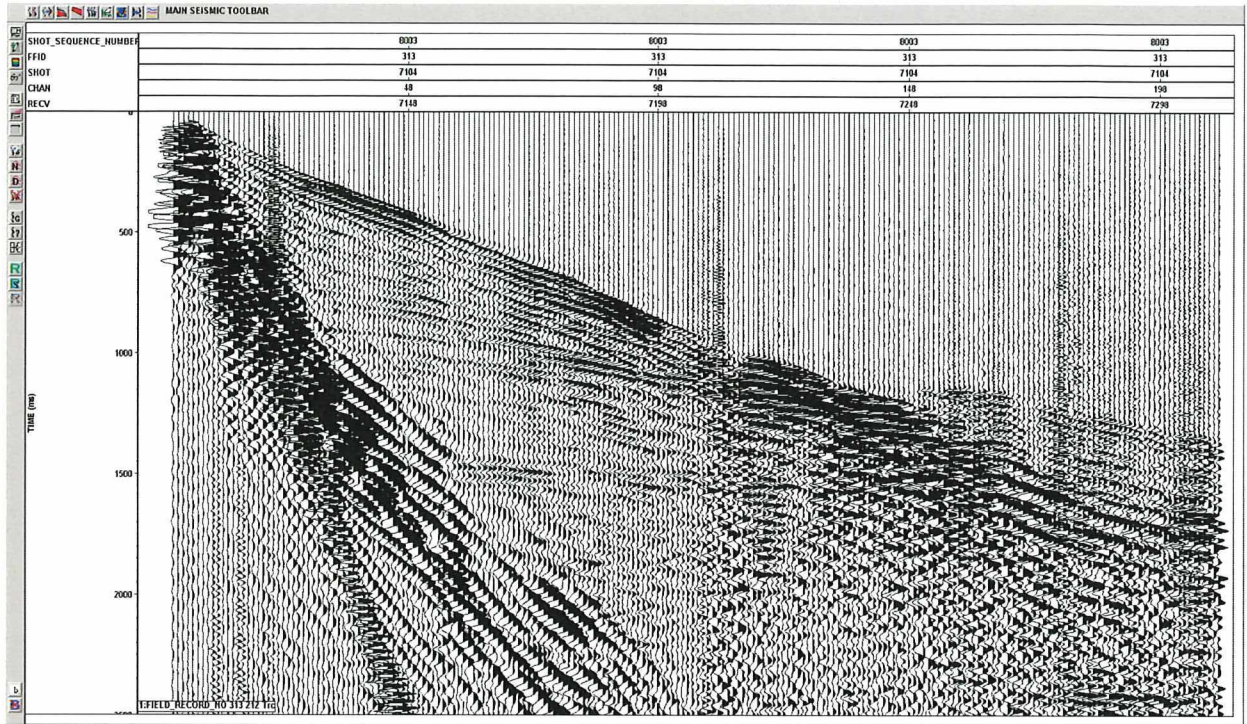


Abbildung 125: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,75 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 2300 m/s, Taper-Länge 200 Samples

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

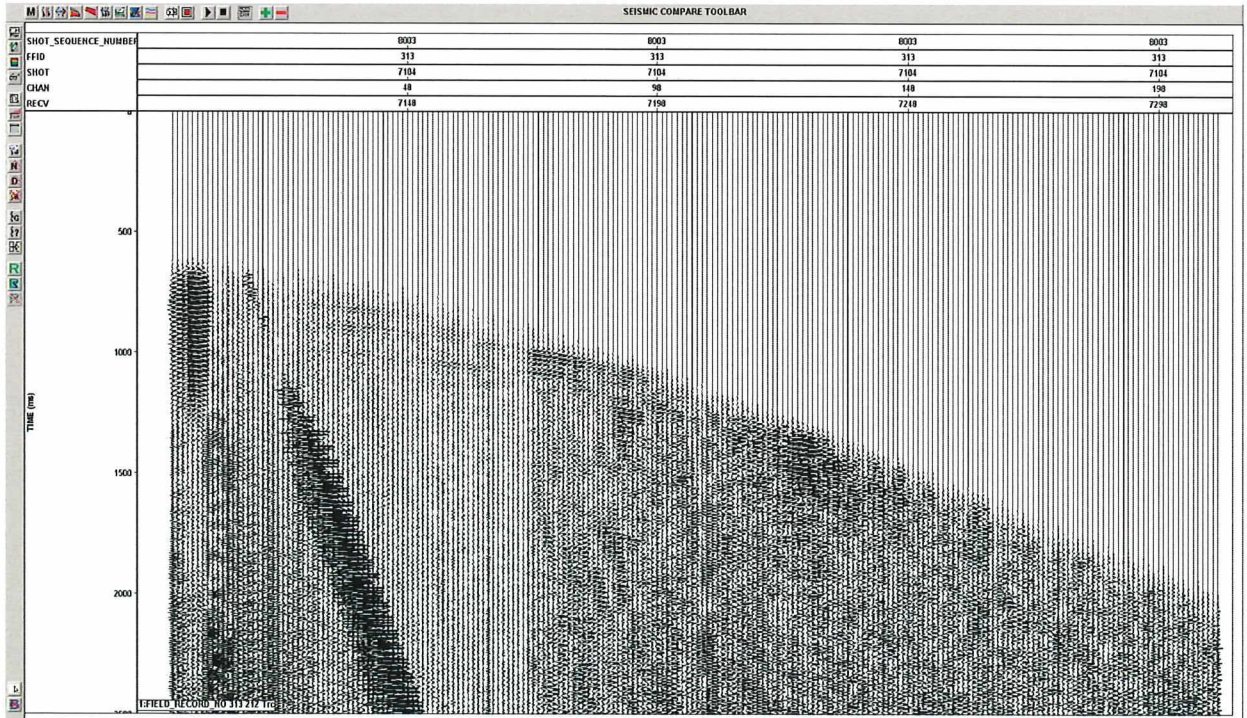
Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 98



Snap Shot of Screen Window

Abbildung 126: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,6 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 2200 m/s, Taper-Länge 200 Samples



Snap Shot of Screen Window

Abbildung 127: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,6 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 2200 m/s, Taper-Länge 500 Samples

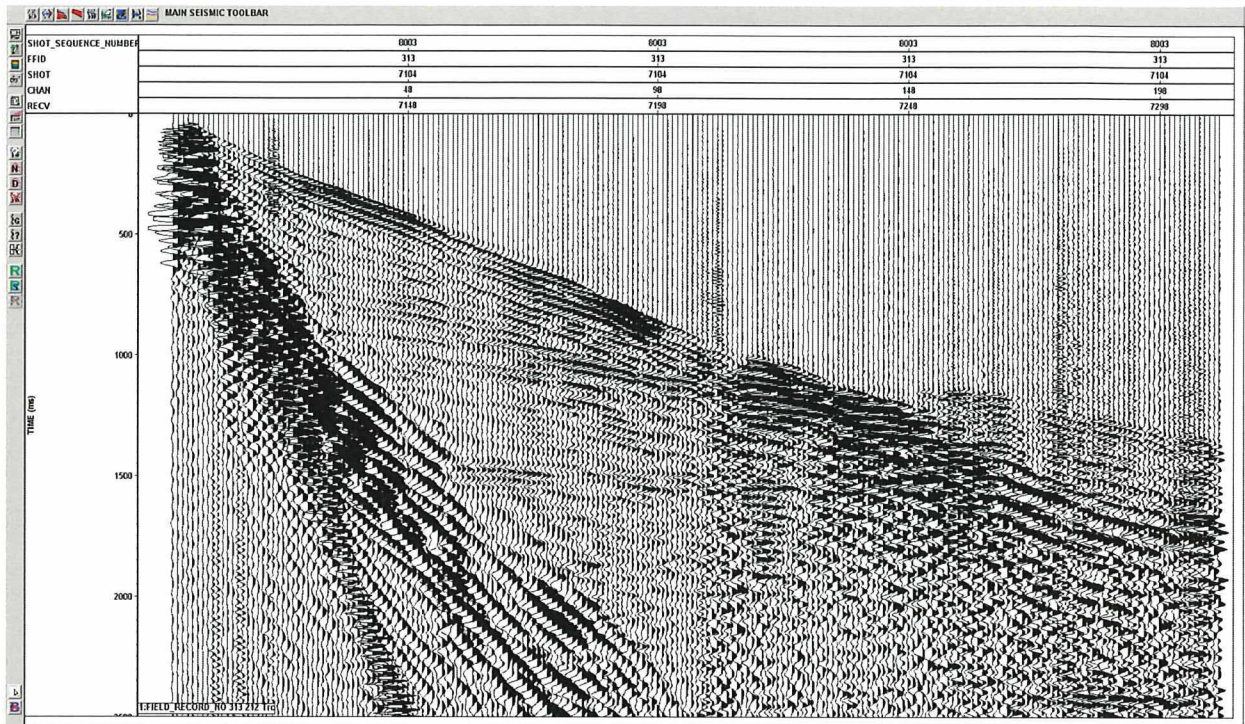


Abbildung 128: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,6 s, Verschiebungszeit -0,3 s, Zielgeschwindigkeit 2200 m/s, Taper-Länge 200 Samples

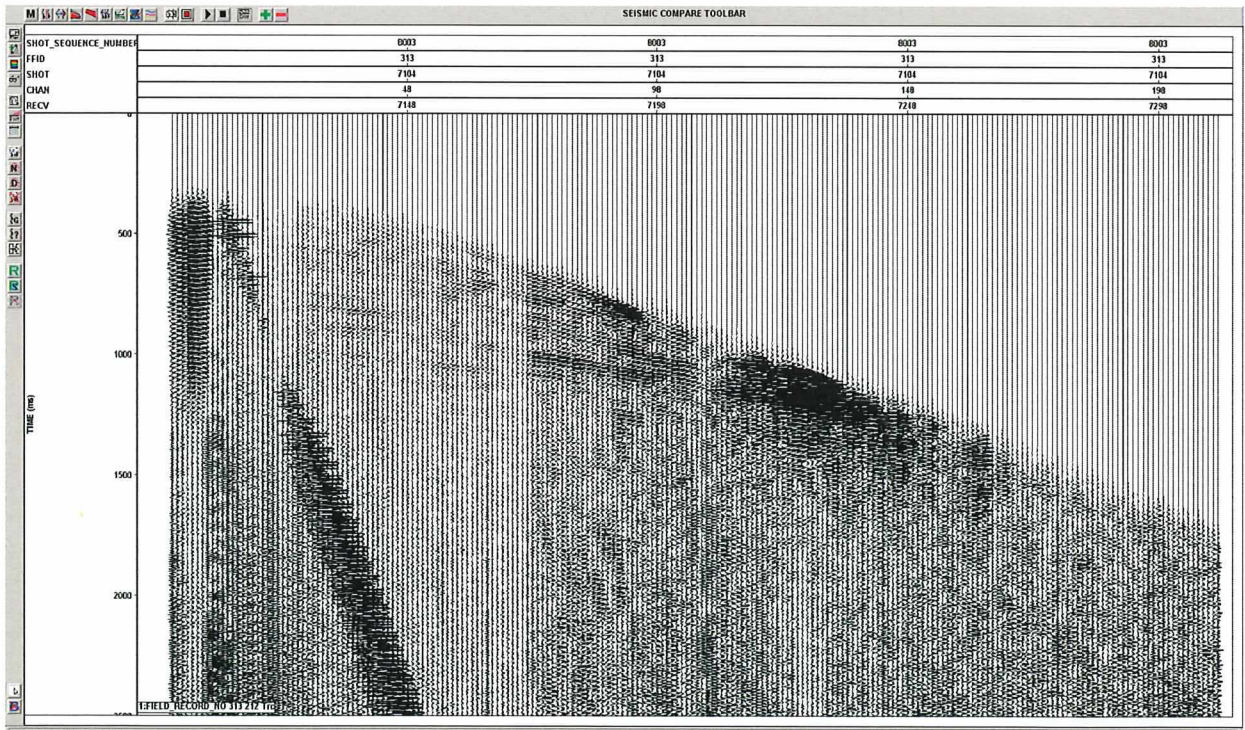


Abbildung 129: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,6 s, Verschiebungszeit -0,3 s, Zielgeschwindigkeit 2200 m/s, Taper-Länge 200 Samples

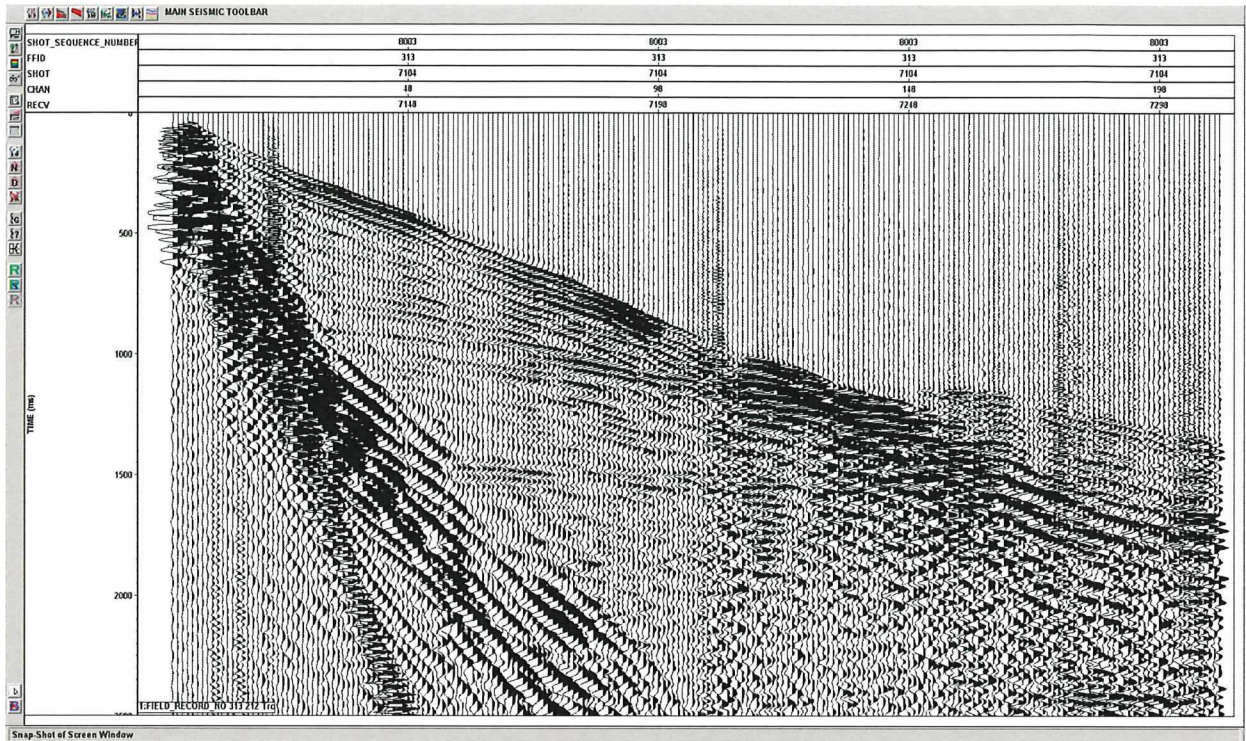


Abbildung 130: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,5 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 2200 m/s, Taper-Länge 200 Samples

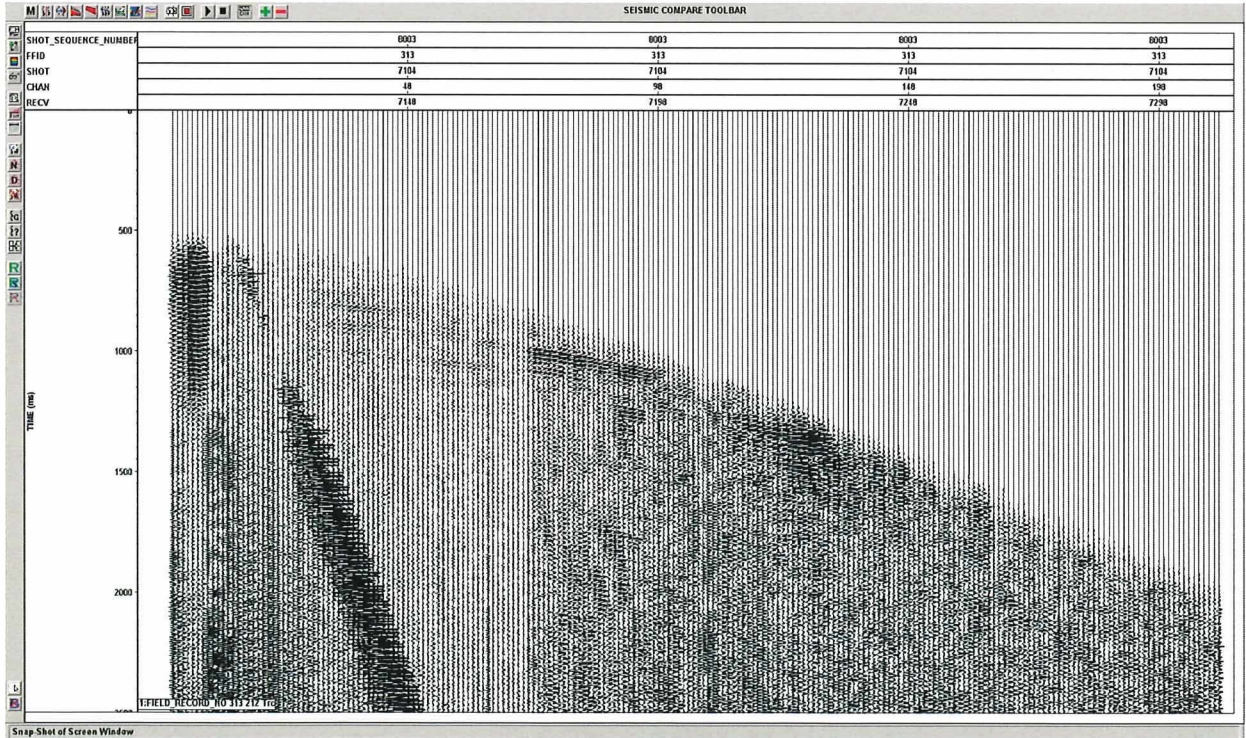



Abbildung 131: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,5 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 2200 m/s, Taper-Länge 200 Samples

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	5610000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II

Blatt: 101

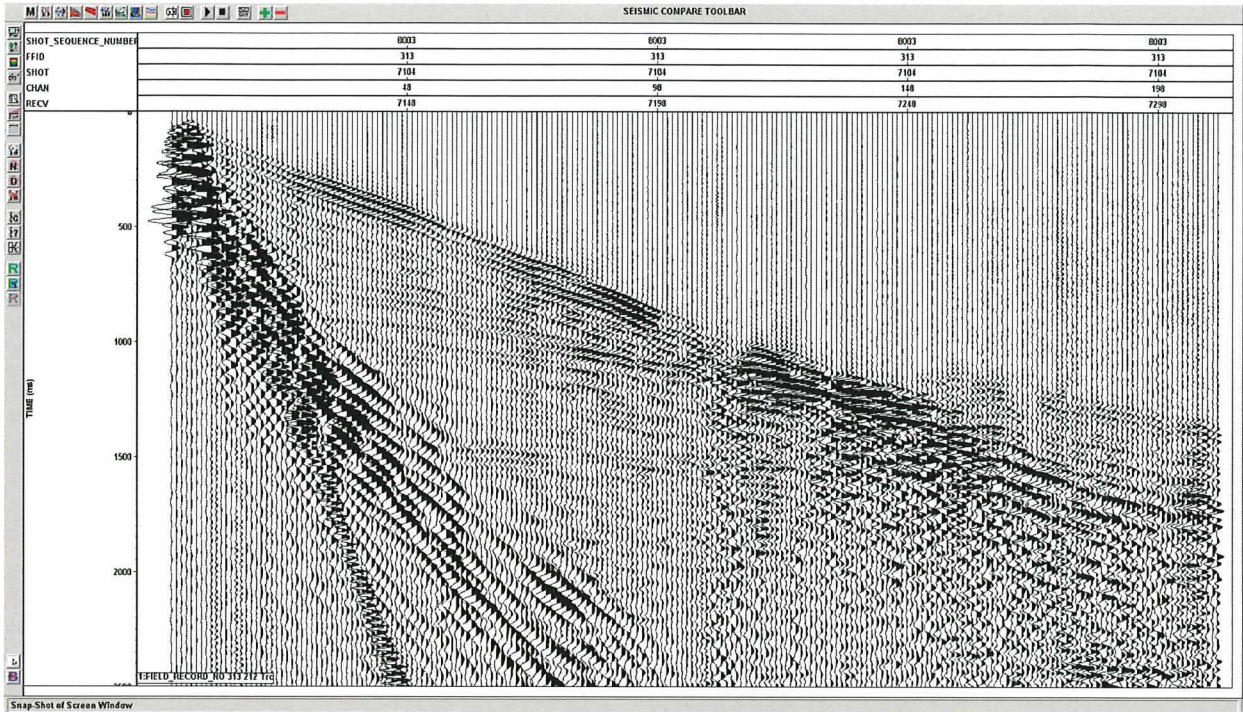


Abbildung 132: Aufzeichnung FFID 313 mit Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,1 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 4500 m/s, Taper-Länge 100 Samples

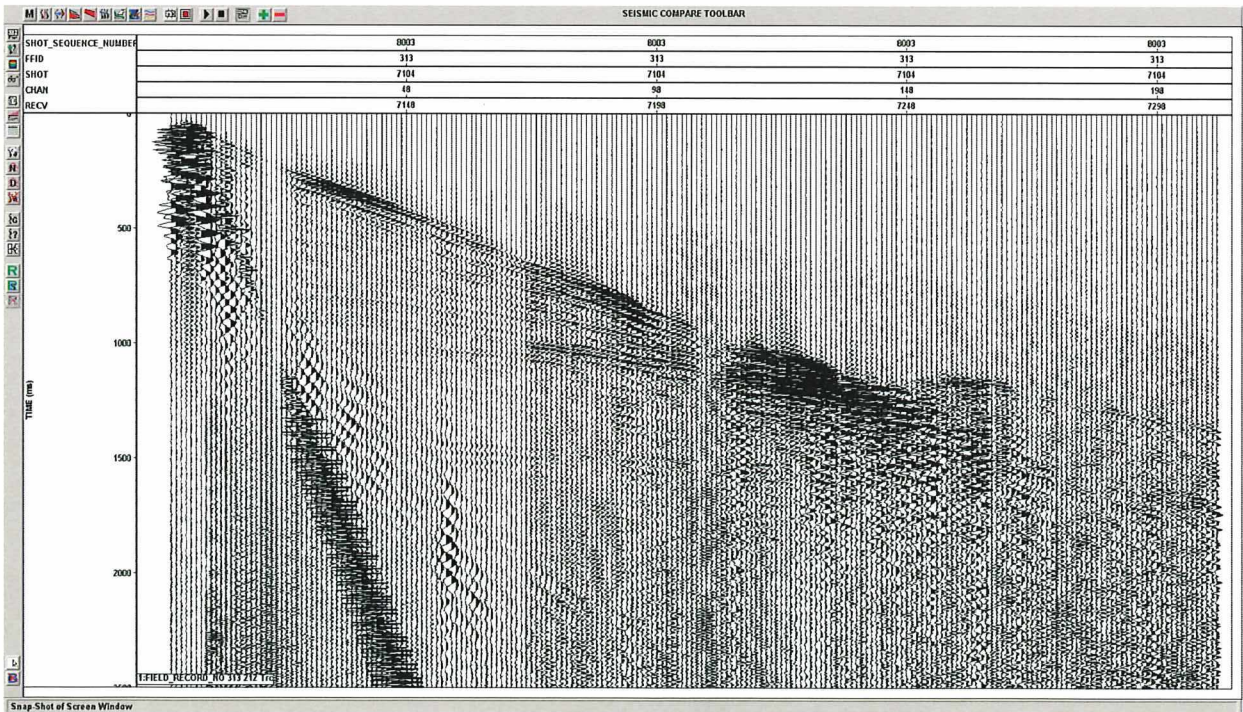


Abbildung 133: Differenz zwischen der Aufnahme mit und ohne Entfernung des harmonischen Rauschens, Zielzeit 0,1 s, Verschiebungszeit 0,0 s, Zielgeschwindigkeit 4500 m/s, Taper-Länge 100 Samples

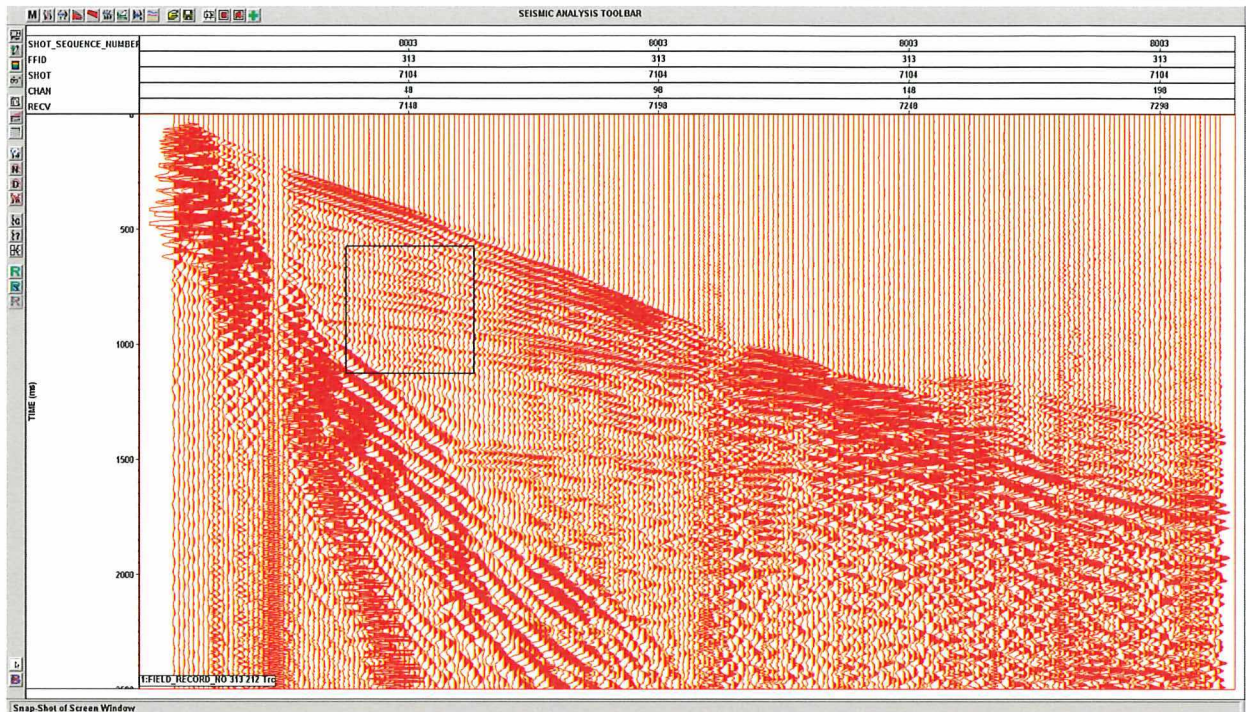


Abbildung 134: Spektralanalysefenster (schwarzer Umriss) für den Test zur Entfernung des harmonischen Rauschens

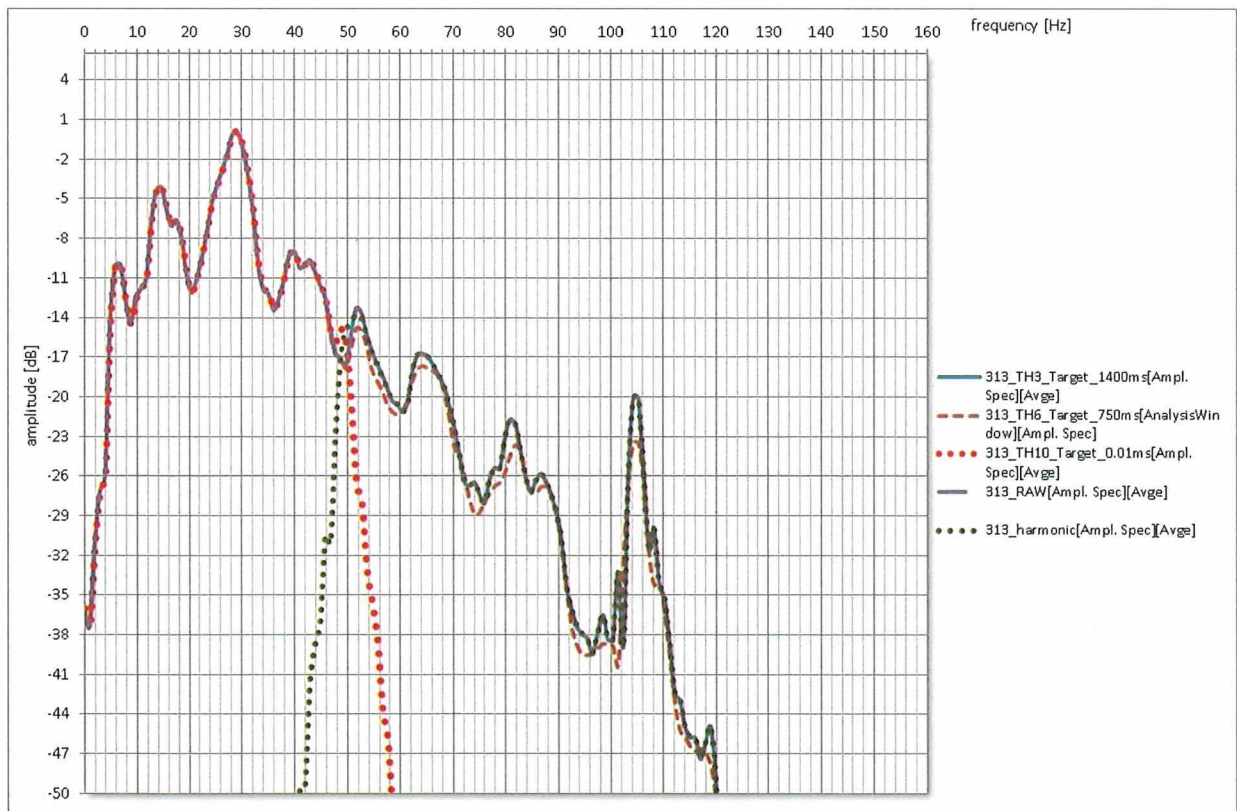


Abbildung 135: Spektralanalyse der Aufzeichnung FFID 313 im ausgewählten Fenster für den Test zur Entfernung des harmonischen Rauschens: Ohne Entfernung des harmonischen Rauschens (Lila Linie), mit Entfernung des harmonischen Rauschens bei einer Zielzeit von 1400 ms (Blaue Linie), mit Entfernung des harmonischen Rauschens bei einer Zielzeit von 750 ms (Braun gestrichelte Linie), mit Entfernung des harmonischen Rauschens bei einer Zielzeit von 0,01 ms (Rot gepunktete Linie), Spektrum des harmonischen Rauschens (Grün gepunktete Linie)

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II									Blatt: 103

3.3.6 2D-seismische Testprofile

Für die Tests Nr. 19 und Nr. 20 auf der kurzen 2D-Linie mit unterschiedlichen Frequenzbereichen des Sweeps (Tabelle 13) wurde eine Rohstapelung (Brute Stack) entsprechend der folgenden Bearbeitungssequenz erzeugt:

1. Einlesen der Daten in das Processing-System ProMAX (Abbildung 136)
2. Geometriezuweisung, inkl. detaillierter Qualitätskontrolle
3. Dämpfung der Oberflächenwellen im Shot Gather (nach Anregungspunkten sortierte Daten), (Abbildung 137).
4. Zeit-Offset abhängige Rausch-Unterdrückung (Noise Adaptive Filter)
5. Luftschallunterdrückung (Air Blast Attenuation), Geschwindigkeit der zu dämpfenden Energie 331 m/s
6. Korrektur der sphärischen Divergenz, Wiederherstellen der ursprünglichen Amplituden (True Amplitude Recovery), Verstärkungsfunktion $g(t) = t^{1,2}$
7. Entfernung von Amplitudenspitzen (De-Spiking) und anomal hohen Amplituden (Abbildung 138)
8. Entfernung von Noise-Akkumulationen (De-Burst Energy Scaling), Fensterlänge 220 ms, Fensterbreite 11 Spuren, prozentualer Schwellenwert 250%
9. Umwandlung in minimalphasiges Signal
10. Oberflächenkonsistente Dekonvolution in einem Zeitfenster (Abbildung 139), Minimalphasige Spiking-Dekonvolution, Operatorlänge 160 ms, Prewhitening 0,1%
11. Anwendung einer Höhenstatik auf finales Datum von 200 m, Ersatzgeschwindigkeit (Replacement Velocity) 2100 m/s. Die statischen Korrekturen für die Anregungs- und Empfängerpunkte sind in Abbildung 140 und Abbildung 141 dargestellt
12. Interaktive Geschwindigkeitsanalyse (1. Durchgang) auf Super-Gathern (d.h. 7 benachbarte Bins wurden zusammengefasst) in einem Raster von 500 m (Abbildung 142: Beispiel für eine Geschwindigkeitsanalyse am CDP 14280)
13. Korrektur der entfernungsabhängigen Reflexionshyperbeln (Normal Move-out)
14. Muting (Trace-Mute zur Entfernung des Ersteinsatzes, Stretch-Mute)
15. Berechnung und Anwendung reststatischer Korrekturen (Max. Power Autostatics), (Abbildung 143: Stapelung mit Höhenstatik, A - Sweep 5 – 120 Hz, B - Sweep 10 – 150 Hz) Smash-Länge 11 Bins, maximale Verschiebung ± 100 ms, Zeitintervall 200 ms.
16. Automatische Verstärkungsregelung (AGC), Operatorlänge 500 ms
17. Finale Stapelung, Root-Power-Skalar für die Normierung der Stapelung 0,5s
18. SEG-Y-Ausgabe

Die beiden Rohstapelungen (Brute Stacks) zeigen bereits eine gute Abbildung des Untergrundes mit zahlreichen Reflektoren aus dem Deckgebirge bis zur Basis Zechstein (Abbildung 143: Stapelung mit Höhenstatik, A - Sweep 5 – 120 Hz, B - Sweep 10 – 150 Hz, Abbildung 144: Stapelung mit Höhenstatik und Reststatik, A - Sweep 5 - 120 Hz, Sweep B - 10 – 150 Hz). Da die 40 Anregungspunkte im Süden der 2D-seismischen Linie liegen (Abbildung 78), fehlen im nördlichen Teil der Linie die Daten mit kurzen Offsets, so dass sich dort (rechts) in den Stapelungen eine Lücke ergibt. Dennoch zeigt sich in einzelnen Reflexionen schon der Anstieg zur Flanke der Salz-Struktur. In Details sind zwischen den beiden verwendeten Sweeps nur kleine Unterschiede zu erkennen, wobei eine eindeutig „bessere“ Abbildung nicht festgestellt werden kann. Beide Stapelungen wurden mit derselben Bearbeitungsabfolge und denselben Parametern erzeugt. Da die angewandte Dekonvolution als ein Schritt der Bearbeitung eher auf ein Signal ohne tiefe Frequenzen ausgelegt ist, kann davon ausgegangen werden, dass eine Optimierung einzelner Bearbeitungsparameter die Abbildung mit dem Sweep von 5 Hz bis 120 Hz noch weiter verbessert. Die Festlegung des Frequenzbereichs des Sweeps für die 3D-Seismik Asse erfolgte daher anhand der Analysen an den Einzelpunkten (Kapitel 3.3.2, 3.3.3).

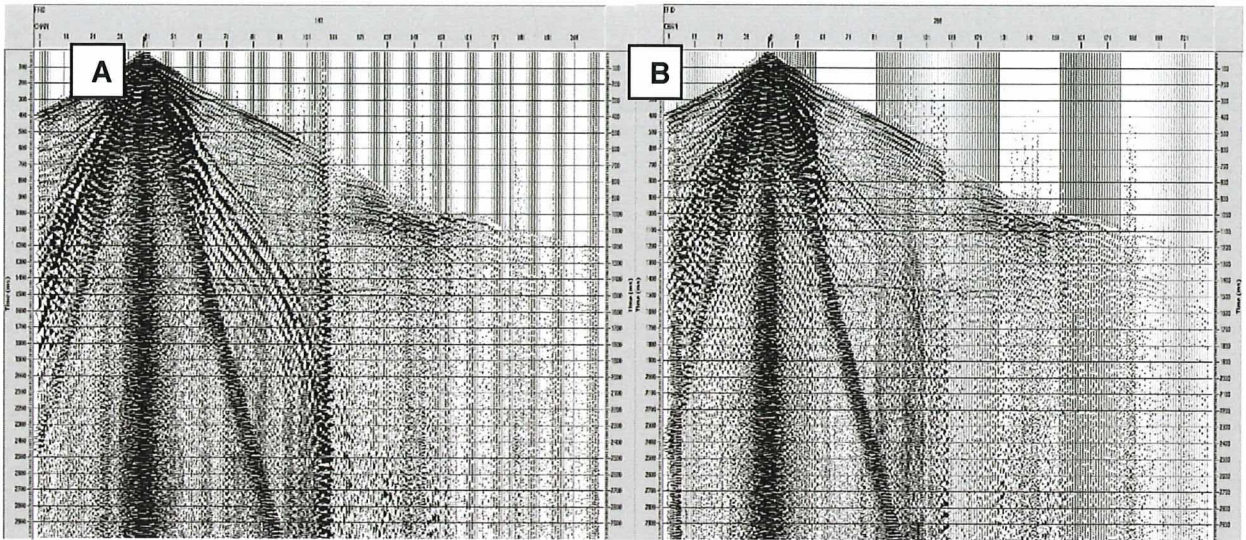


Abbildung 136: Beispiel für Rohdatensätze, A: FFID 143, Sweep 5 – 120 Hz, B: FFID 291, Sweep 10 – 150 Hz

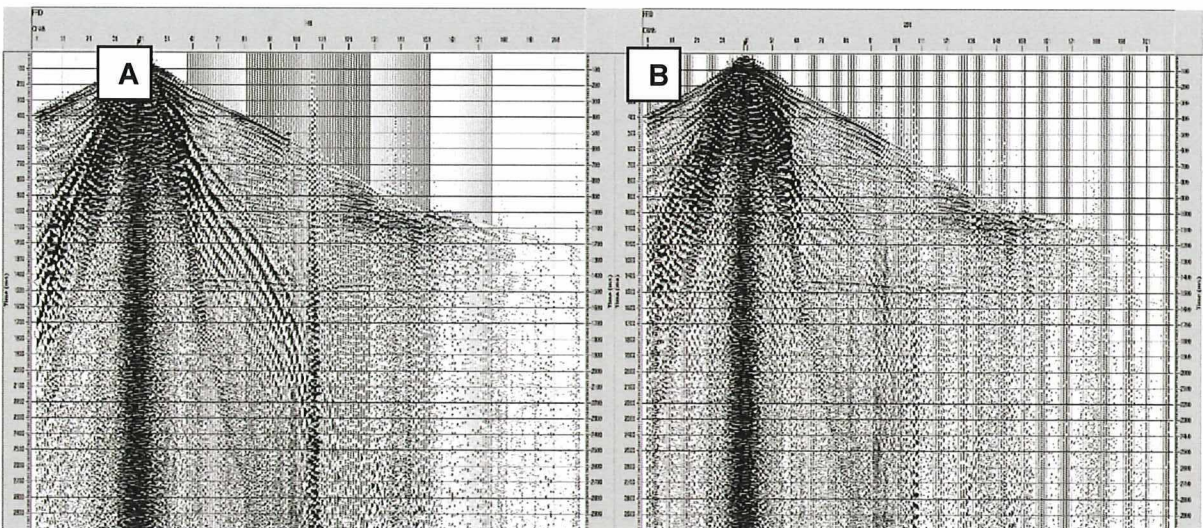


Abbildung 137: Beispiel für Datensätze nach Dämpfung der Oberflächenwellen, A - FFID 143, Sweeps 5 – 120 Hz, B - FFID 291, Sweep 10 – 150 Hz

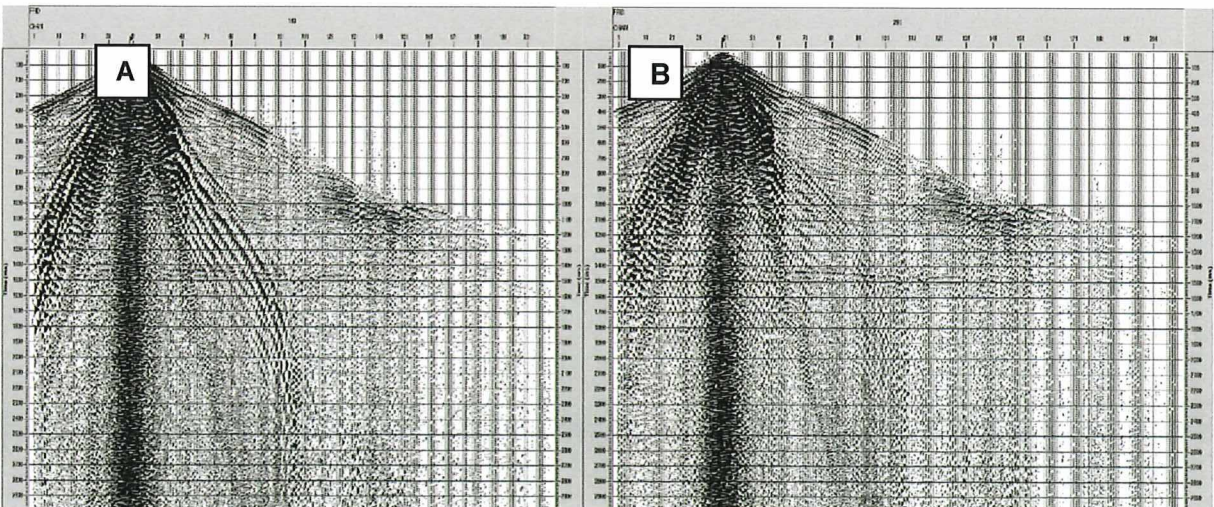



Abbildung 138: Beispiel für Aufzeichnungen nach Entfernung von Signalspitzen und Amplitudenanomalien, A - FFID 143, Sweep 5 – 120 Hz, B - FFID 291, Sweeps 10 – 150 Hz

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parametertests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II

Blatt: 105

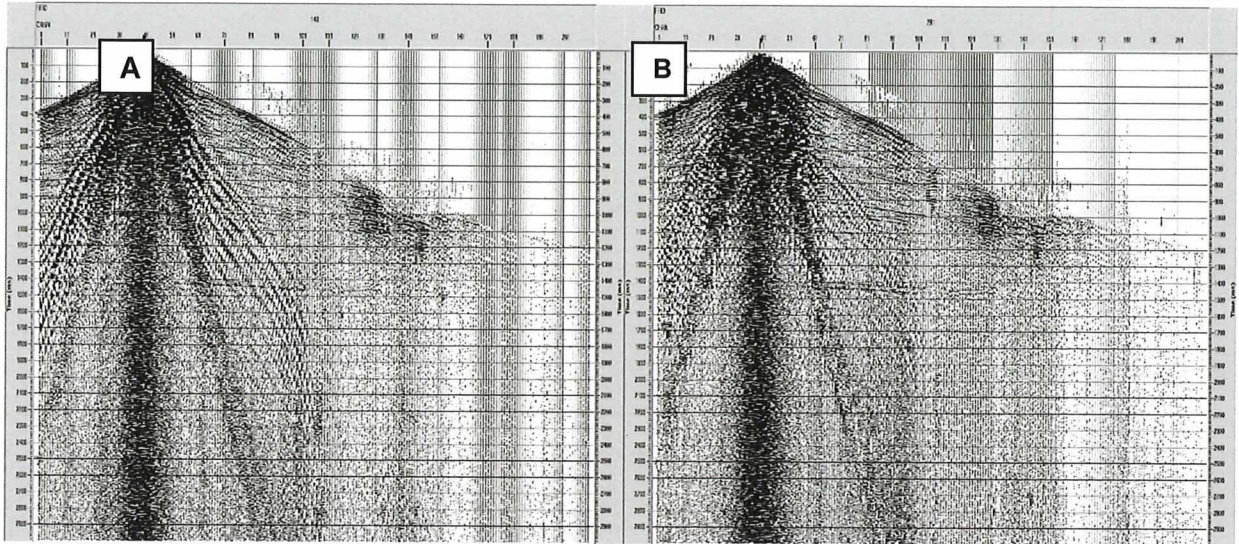


Abbildung 139: Beispiel für Aufzeichnungen nach oberflächenkonsistenter Dekonvolution, A - FFID 143, Sweep 5 – 120 Hz, B - FFID 291, Sweep 10 – 150 Hz

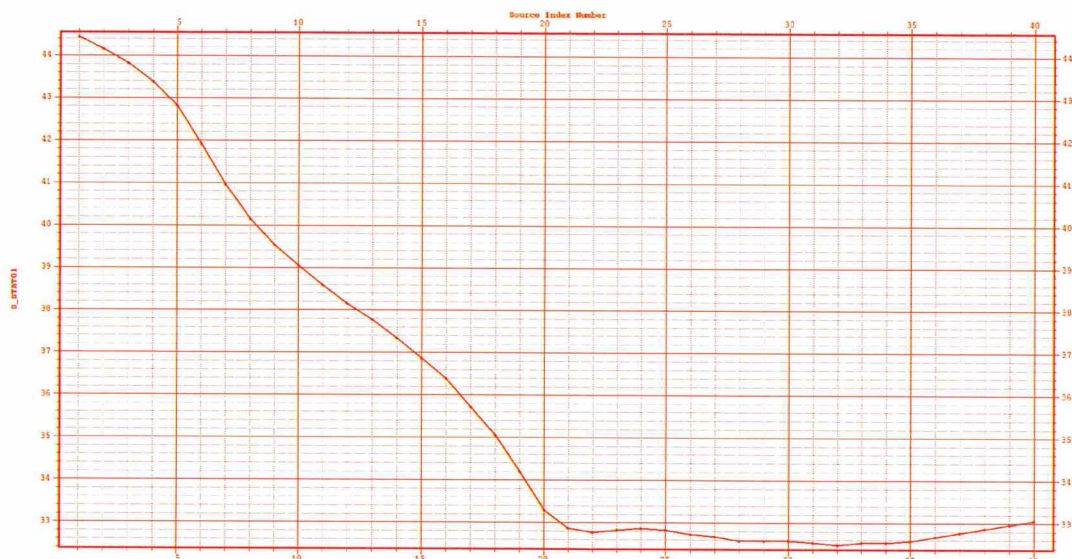


Abbildung 140: Höhenstatik der Anregungspunkte in ms



Abbildung 141: Höhenstatik der Empfängerpunkte in ms

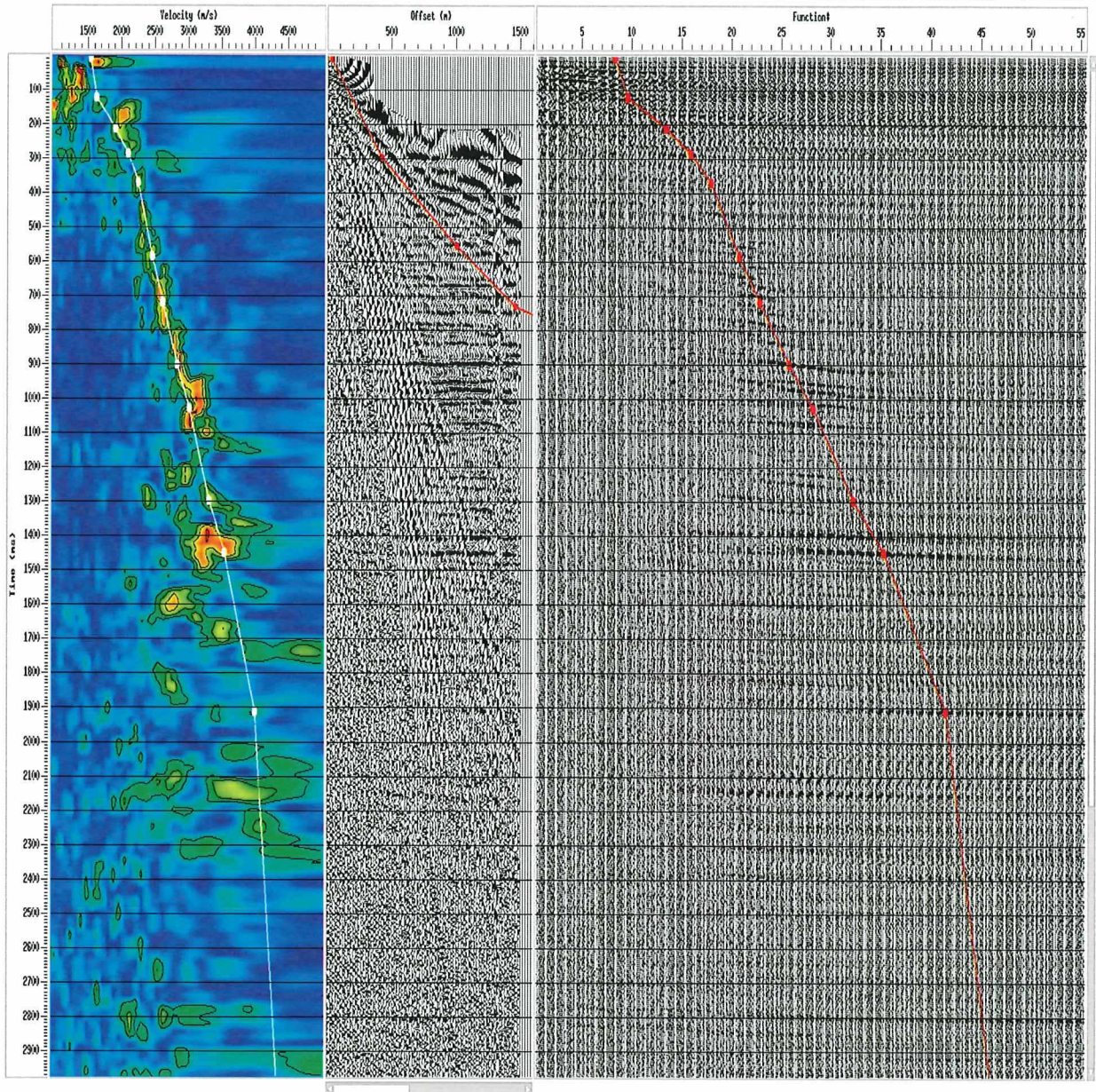



Abbildung 142: Beispiel für eine Geschwindigkeitsanalyse am CDP 14280

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II
Blatt: 107

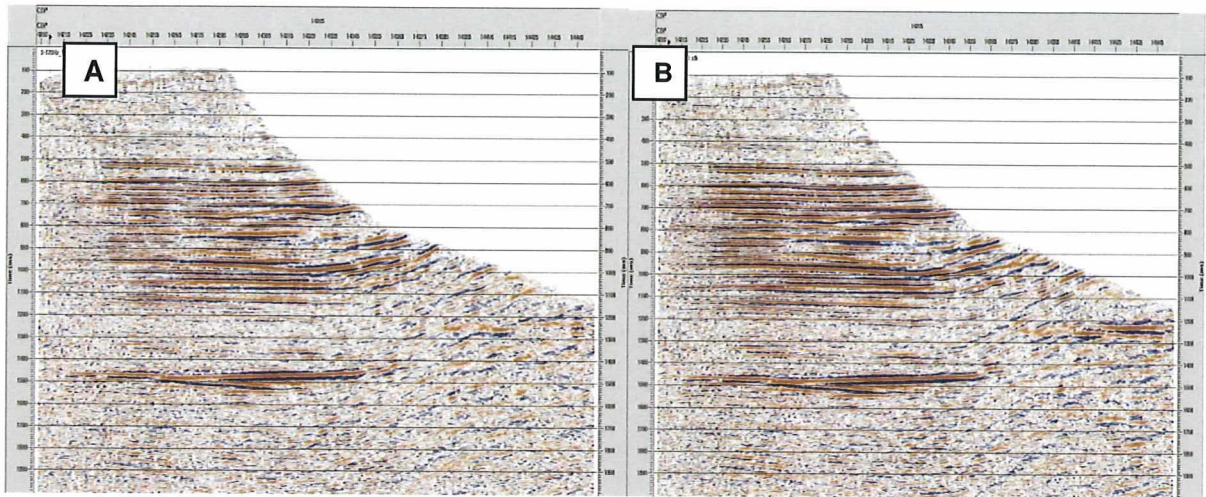


Abbildung 143: Stapelung mit Höhenstatik, A - Sweep 5 – 120 Hz, B - Sweep 10 – 150 Hz

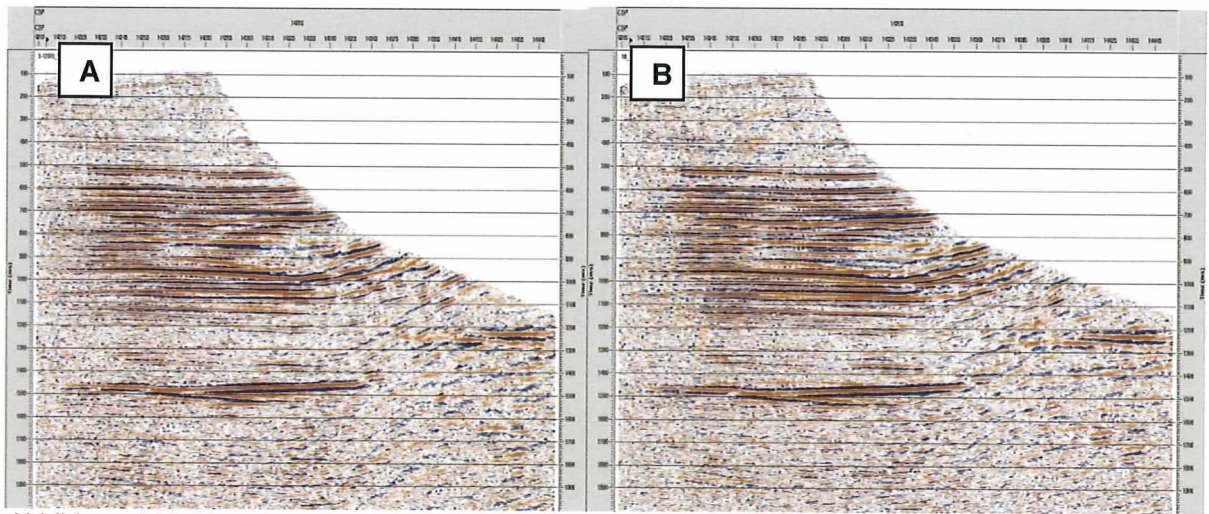


Abbildung 144: Stapelung mit Höhenstatik und Reststatik, A - Sweep 5 - 120 Hz, Sweep B - 10 – 150 Hz

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II									Blatt: 108

3.4 Erschütterungsmessungen


Ergänzend zu den Parameter tests für die vibroseismischen Anregungen fanden im gleichen Gebiet (Abbildung 78) auch Untersuchungen zur entfernungsabhängigen Amplitudenabnahme bei unterschiedlichen Kräften und Sweeps statt. Ziel war es Festlegung von Sicherheitsabständen in Abhängigkeit von der Kraft, mit der die Druckplatte auf den Untergrund drückt und so Schäden an Gebäuden und sensiblen Objekten zu vermeiden. Dazu wurden für Sweeps von 5 Hz bis 120 Hz und 12 Hz bis 120 Hz sowie Kräften von 15%, 30%, 40%, 50% und 70% in Abständen von 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m und 30 m von der Bodenplatte des Vibrators Erschütterungsmessungen durchgeführt (Abbildung 145: Position der Schwingungsmessungstests). Die Anregungen erfolgten auf einem Feld und für eine Kraft von 15% auch auf einem stark verdichteten Kiesweg. Hauptziele der Untersuchungen waren, zu entscheiden mit welcher Kraft in Ortschaften angeregt werden soll und ob ggf. in Ortschaften ein Sweep mit höherer Startfrequenz zu verwenden ist. Das Testprogramm ist in Tabelle 15: Testprogramm der Erschütterungsmessungen, aufgeführt.

Die Anregung für die Erschütterungsmessungen erfolgte wie beim vibroseismischen Parameter test mit einem Vibrator Hemi 50, für die Registrierung der Erschütterungen wurde ein Messgerät von Typ Micromate des Herstellers InstanTel mit einem Drei-Komponenten-Geophon verwendet (Abbildung 146: Drei-Komponenten-Geophon mit und ohne Spitzen zur Aufstellung). Allgemeine technische Parameter des Erschütterungsmessgeräts sind in Anhang 4 aufgeführt, Anhang 5 enthält das für das eingesetzte Messgerät (S/N UM10492) gültige Kalibrierungszertifikat.

Die InstanTel Micromate-Messgeräte mit der Auswerte-Software InstanTel Blastware 10.74 ermöglichen die Darstellung der Messergebnisse in Bezug auf [1] ohne zusätzliche Datenverarbeitung. Die Tabelle im Anhang 1 enthält eine zusammenfassende Darstellung der maximal aufgezeichneten Schwingungen für die einzelnen Komponenten der gemessenen Schwingungsgeschwindigkeiten (Transversal, Vertikal und Longitudinal). Die detaillierten Messergebnisse finden sich in Anhang 1 dieses Berichts.

Im Ergebnis der Erschütterungsmessungen war festzustellen, dass unabhängig vom Sweep, unabhängig von der Kraft und auch unabhängig von der Entfernung die maximalen Schwinggeschwindigkeiten meist bei Frequenzen über 20 Hz auftraten. Es wurde daher entschieden, für die Messung in Ortschaften keinen anderen Sweep zu verwenden als für die Messung auf Feldern (5 Hz bis 120 Hz). Die maximalen Schwinggeschwindigkeiten nehmen erwartungsgemäß exponentiell mit der Entfernung von der Bodenplatte ab. Bei einer Entfernung von 10 m liegen sie für den Sweep von 5 Hz bis 120 Hz bei einer Kraft von 15% unter 3 mm/s, bei einer Kraft von 30% über 3 mm/s. Bei größeren Kräften liegen die Schwinggeschwindigkeiten in 10 m Entfernung immer über 3 mm/s. Die Schwinggeschwindigkeit von 3 mm/s wurde als ein Kriterium verwendet, da im Frequenzbereich bis 10 Hz dies der zulässige Anhaltswert für erschütterungsempfindliche Bauten ist [1]. Es wurde daher entschieden, bei der Messung innerhalb von Ortschaften immer mit einer Kraft von 15% anzuregen. Da in Ortschaften aber vielfach Abstände zu Gebäuden von weniger als 10 m zu erwarten sind, waren in der Nähe von Gebäuden in jedem Fall Erschütterungsmessungen durchzuführen und notwendige Sicherheitsabstände direkt vor Ort vom Bediener des Schwingungsmessgeräts festzulegen.

Für Kräfte von 50% und 70% und Messungen außerhalb von Ortschaften wurden für die Einmessung der Anregungspunkte die in Tabelle 16: Mindestabstände zu ausgewählten Bauten angegeben Sicherheitsabstände verwendet.

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	 BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parametertests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II

Blatt: 109

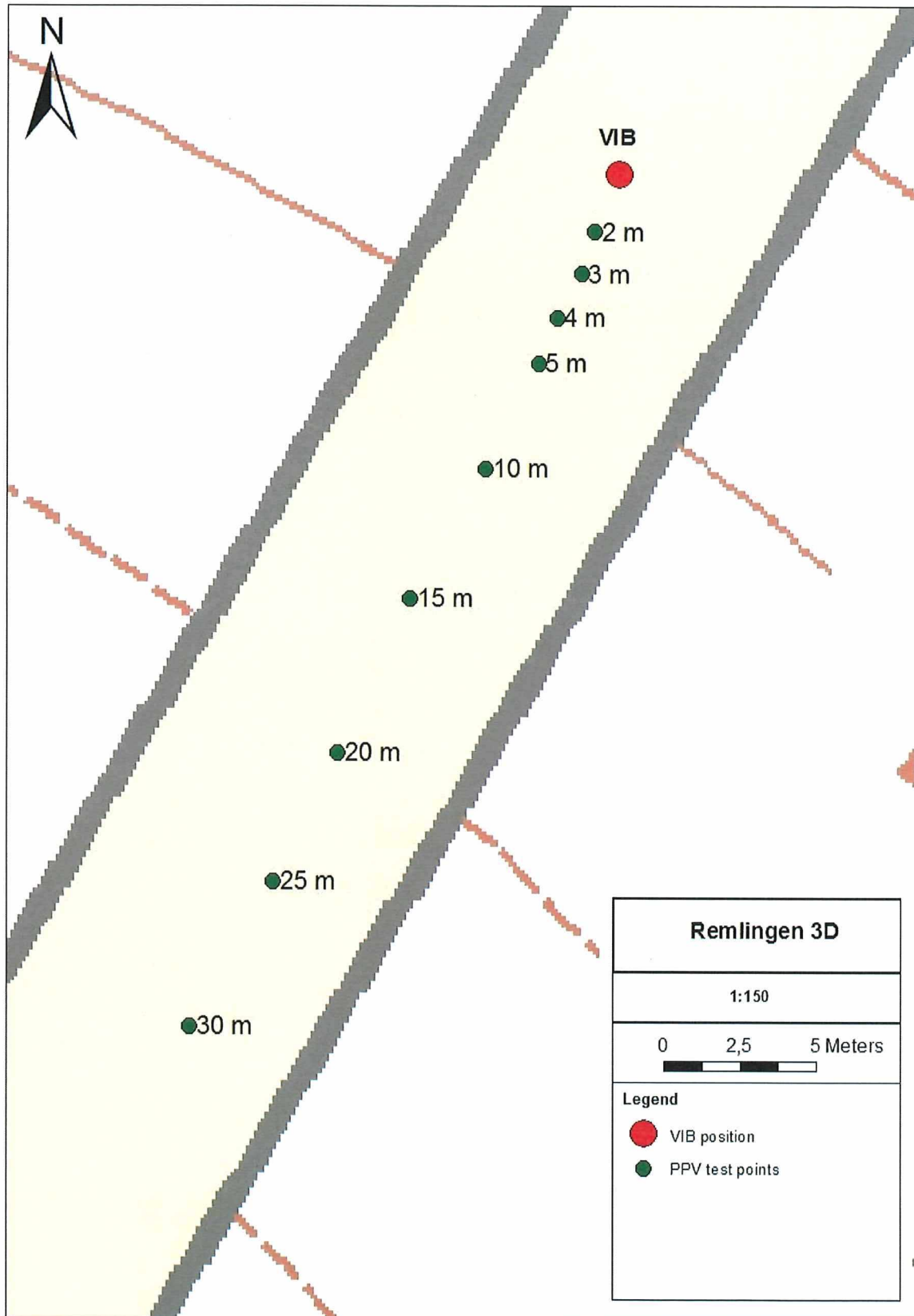



Abbildung 145: Position der Schwingungsmessungstests

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismik Asse II

Blatt: 110

Tabelle 15: Testprogramm der Erschütterungsmessungen.

Punkt	15% Kraft		30% Kraft		40% Kraft		50% Kraft	70% Kraft	15%Kraft Kiesweg
	5-120Hz	12-120Hz	5-120Hz	12-120Hz	5-120Hz	12-120Hz	12-120Hz	12-120Hz	12-120Hz
1	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	
2	3m	3m	3m	3m	3m	3m	3m	3m	
3	4m	4m	4m	4m	4m	4m	4m	4m	
4	5m	5m	5m	5m	5m	5m	5m	5m	5m
5	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m
6	15m	15m	15m	15m	15m	15m	15m	15m	15m
7	20m	20m	20m	20m	20m	20m	20m	20m	20m
8	25m	25m	25m	25m	25m	25m	25m	25m	
9	30m	30m	30m	30m	30m	30m	30m	30m	



Abbildung 146: Drei-Komponenten-Geophon mit und ohne Spitzen zur Aufstellung


Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II									Blatt: 111

Tabelle 16: Mindestabstände zu ausgewählten Bauten

Vibrois		
Objekt	Kraft	
	50%	70%
Häuser	15 m	25 m
Industriegebäude	9 m	16 m
Erschütterungsempfindliche Bauten (z.B. historische Gebäude, Krankenhäuser)	35 m	45 m
Tankstelle	15 m	20 m
Durchlässe, Einstiegsluken der Kanalisation	4 m	5 m
Brücken und Tunnel	12 m	16 m
Elektrische Stationen und Elektrokabel	4 m	5 m
Hochdruckgas, Öl, Wasserleitungen (parallel)	6 m	9 m
Hochdruckgas, Öl, Wasserleitungen (kreuzend)	12 m	16 m
Mitteldruckgas-, Öl-, Wasserleitungen (parallel)	4 m	6 m
Mitteldruckgas-, Öl-, Wasserleitungen (kreuzend)	5 m	7 m
Funkmasten	15 m	20 m
Telekommunikation, Glasfaser und Hydranten	4 m	5 m
Abwasserleitungen	4 m	5 m
Sammler und Kunststoffrohre PVC	4 m	6 m
Abwassersammler, Eisen- und Stahlrohre	6 m	9 m


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asse II									BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
									Blatt: 112

4 Literaturverzeichnis

[1] DIN 4150-03. (1999). DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen.

[2] DMT Petrologic GmbH. (4. Juni 2014). Datenbearbeitung, Interpretation und Modellrechnungen einer (3D-)seismischen Testmessung im Bereich der Schachtanlage Asse II - Abschlußbericht. Bundesamt für Strahlenschutz.

[3] Verif-i Ltd. (2020). Technical Audit Report on Behalf of Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), Projekt: 3D-Seismik Asse, Contractor: Geofizyka Torun. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH.


Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismik Asse II

Blatt: 113

Anhang 1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Erschütterungsmessungen

Nr.	Quellpunkt	Anzahl der Hemi-50 Vibratoren	Kraft [%]	Abstand [m]	Schwinggeschwindigkeit [mm/s]			Frequenz des Anregungssignals [Hz]
					Trans.	Vert.	Long.	
1	1	1	15	2	13,35	4,784	10,02	12 - 120
2	2			3	4,855	3,61	7,882	
3	3			4	4,579	2,396	6,4	
4	4			5	3,389	2,12	4,508	
5	5			10	1,379	1,427	2,396	
6	6			15	0,765	0,749	1,813	
7	7			20	0,678	0,591	0,969	
8	8			25	0,946	0,536	0,638	
9	9			30	0,867	0,56	0,694	
10	1	1	15	2	8,512	5,194	10,91	5 - 120
11	2			3	5,399	3,634	7,661	
12	3			4	4,138	2,782	5,714	
13	4			5	4,169	2,104	5,163	
14	5			10	1,505	1,553	2,333	
15	6			15	0,725	0,757	1,773	
16	7			20	0,828	0,575	0,946	
17	8			25	0,765	0,434	0,678	
18	9			30	0,828	0,402	0,646	
19	1	1	30	2	23,01	32,39	20,14	12 - 120
20	2			3	8,985	5,888	13,08	
21	3			4	8,071	4,587	11,63	
22	4			5	6,392	3,846	9,34	
23	5			10	2,175	2,696	4,729	
24	6			15	2,215	1,49	3,247	
25	7			20	1,939	1,103	2,633	
26	8			25	1,498	0,867	1,434	
27	9			30	1,324	0,749	1,088	
28	1	1	30	2	14,33	10,09	18,85	5 - 120
29	2			3	7,929	6,479	13,47	
30	3			4	6,794	4,792	10,17	
31	4			5	6,526	3,547	8,836	
32	5			10	2,309	2,711	4,666	
33	6			15	1,395	1,427	3,381	
34	7			20	1,545	1,064	2,097	
35	8			25	1,482	0,93	1,403	
36	9			30	1,222	0,694	1,001	
37	1	1	40	2	18,98	12,54	20,05	12 - 120
38	2			3	10,94	7,133	14,94	
39	3			4	11,19	5,604	14,38	
40	4			5	8,363	4,461	11,67	

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parameter tests in the framework of 3D - Seismic Asses II

Blatt: 114

Nr.	Quellpunkt	Anzahl der Hemi-50 Vibratoren	Kraft [%]	Abstand [m]	Schwinggeschwindigkeit [mm/s]			Frequenz des Anregungssignals [Hz]
					Trans.	Vert.	Long.	
41	5			10	3,263	3,161	5,903	
42	6			15	2,877	1,892	4,059	
43	7			20	2,049	1,277	3,468	
44	8			25	1,963	1,151	1,75	
45	9			30	1,718	0,993	1,442	
46	1	1	40	2	21,27	76,5	26,55	5 - 120
47	2			3	10,08	7,945	18,44	
48	3			4	10,66	5,872	15,51	
49	4			5	9,371	5,068	12,07	
50	5			10	3,192	3,405	5,903	
51	6			15	3,192	1,915	3,641	
52	7			20	2,034	1,379	2,924	
53	8			25	1,978	1,096	1,892	
54	9			30	1,584	0,914	1,395	
55	4	1	50	2	23,79	15,98	25,21	12 - 120
56	5			3	14,67	27,58	21,39	
57	10			4	14,14	7,07	18,49	
58	15			5	10,09	6,03	15,16	
59	20			10	3,838	4,043	7,866	
60	25			15	3,373	2,317	5,052	
61	30			20	2,349	1,766	3,752	
62	25			25	2,341	1,285	2,294	
63	30			30	1,939	1,174	1,789	
64	1	1	70	2	26,08	22,85	37,61	12 - 120
65	2			3	50,4	46,9	35,55	
66	3			4	17,95	10,81	30,25	
67	4			5	9,805	9,009	23,61	
68	5			10	5,273	5,265	11,11	
69	6			15	5,005	3,5	6,069	
70	7			20	3,027	2,246	4,863	
71	8			25	3,129	1,71	3,263	
72	9			30	2,569	1,553	2,664	
73	1	1	15 Kiesweg	5	5,572	2,491	7,503	12 - 120
74	2			10	2,278	1,86	3,744	
75	3			15	1,371	1,064	2,42	
76	4			20	0,733	0,52	1,167	

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	
Parameter-tests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II									BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
									Blatt: 115

Anhang 2: Memorandum über die ausgewählten Regeln für Bohrteufen



GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH

Aktennotiz 01 vom 05.10.2019

Bohrtiefen für die Sprenganregung bei der Hauptmessung

Ziele

1. Es ist eine gute Ankopplung der Ladung in Bohrungen an den Untergrund zu gewährleisten.
2. Es sind möglichst viele der geplanten Bohrungen zu realisieren.

Vorgaben

Es ist mindestens 1 m tief in eine feste, konsolidierte Schicht zu bohren.


Regeln


1. Die Mindestdiefe für eine Einzelbohrung beträgt 6 m. Wird dabei die obige Vorgabe nicht erfüllt, ist die Bohrtiefe solange zu erhöhen bis die Vorgabe erfüllt oder die Maximalteufe von 15 m erreicht ist.
2. Wird die Mindestdiefe für eine Einzelbohrung von 6 m aus geologischen oder bohrtechnischen Gründen nicht erreicht, so sind 2 Einzelbohrungen im Abstand von ca. 2 m mit einer Tiefe von jeweils 3 m abzuteufen.
3. Gespannte (artesische) Grundwasserleiter dürfen nicht erbohrt werden. Es ist ein vertikaler Abstand von mindestens 1 m zu der Grundwasseroberfläche (nach hydrogeologischer Karte) einzuhalten.

Anmerkungen

Es gibt keine Vorgabe einer bestimmte Anzahl von Einzelbohrungen oder Dubletten mit einer festen Tiefe abzuteufen. Priorität ist, die oben genannten Ziele zu erreichen.

Wittmar, 05.10.2019


Fremdbauüberwachung

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parametertests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II

Blatt: 116

Anhang 3: Memorandum: Parameter für die Vibroseis-Datenaufzeichnung



3D-Seismik Asse

Parameters for Vibroseismic Data Acquisition

Based on the evaluation of the parameter test, the following sweep and source parameters are determined for the vibroseismic data acquisition.

Vibrator type	Hemi 50
Number of vibrators per source point	1
Method	Slip-Sweep
Sweep type	custom
Sweep	5 – 120 Hz
Sweep length	60 s
Slip time	26 s
Sweep taper length	300 ms
Number of stacks per source point	1

Vibrator which is designated to work within villages:

High drive level	50 % (in relation to maximum force)
Low drive level	15 % (in relation to maximum force)

Vibrators which are designated to work on fields, in forest or on roads out of villages:

High drive level	70 % (in relation to maximum force)
Low drive level	50 % (in relation to maximum force)

Supervisors




3D-Seismik Asse

Parameters for Removal of Harmonic Noise

Based on the evaluation of the parameter test, the following parameters for the removal of harmonic noise are determined to apply to the data set which will be prepared for delivery.

Target time	1.4 s
Target velocity	3000 m/s
Shift time	0.0 s
Taper length	500 samples

Supervisors

Projekt NAAN	PSP-Element NNNNNNNNNN	Funktion/Thema NNAAANN	Komponente AANNNA	Baugruppe AANN	Aufgabe AAAA	UA AA	Lfd Nr. NNNN	Rev. NN	 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
9A	5610000	SMÜ			HF	BW	0007	00	

Parametertests im Rahmen der 3D - Seismik Asse II

Blatt: 117

Anhang 4: Allgemeine technische Parameter der InstanTel Micromate Messgeräte

Micromate®

General Specifications

Channels	Microphone and Triaxial Geophone (ISEE or DIN)	
Geophone		
Range	Up to 254 mm/s (10 in/s)	
Response Standard	ISEE Seismograph Specification or DIN 45669-1	
Resolution	0.00788 mm/s (0.00031 in/s)	
Frequency Range (ISEE/DIN)	2 to 250 Hz, within zero to -3 dB of an ideal flat response / 1 to 315 Hz	
Accuracy (ISEE/DIN)	± 5% or 0.5 mm/s (0.02 in/s), whichever is larger, between 4 and 125 Hz / DIN 45669-1 Standard	
Transducer Density	2.2 g/cc (137 lbs/ft³)	
Maximum Cable Length (ISEE/DIN)	1,000 m (3,250 ft)	
Microphone (Sold separately)		
ISEE Linear Microphone	ISEE Linear Microphone	Sound Level Microphone
Weighting Scales	ISEE Linear Microphone	A-Weight or C-Weight
Response Standard	ISEE Seismograph Specification (2011)	Fast (125 ms) or Slow (1 s)
Range	2 to 500 Pa (0.00029-0.0725 psi [88 to 148 dB])	30 to 140 dB A or C
Resolution	0.0156 Pa (2.2662x10 ⁻⁴ psi)	0.05 dB (Display limit 0.1dB)
Frequency Response	2 to 250 Hz between -3 dB roll off points	10 Hz to 20 kHz
Accuracy	± 10% or ± 1dB, whichever is larger, between 4 and 125 Hz	IEC 61672 Class 1
Maximum Cable Length	75 m (250 ft)	75 m (250 ft)

Waveform Recording

Record Modes	Waveform, Waveform Manual	
Seismic Trigger	0.13 to 254 mm/s (0.005 to 10 in/s)	
Linear Acoustic Trigger	2.0 to 500 Pa (100 to 148 dB)	
Sample Rate	1,024, 2,048, 4,096 S/s per channel (independent of record time)	
Record Stop Mode	Fixed record time, InstanTel AutoRecord™ record stop mode	
Record Time	1 to 90 seconds (programmable in one-second steps) plus a pre-trigger at 0.25, 0.50, 0.75, or 1.0 second	
AutoRecord Time	Event is recorded until activity remains below trigger level for duration of auto window, or until available memory is filled	
Cycle Time	Recording uninterrupted by event processing, monitoring, or communication - zero dead time	
Storage Capacity		
Full Waveform Events	1,000, 1 second events at 2,048 S/s sample rate (memory upgrade optional)	

Histogram Recording

Record Modes	Histogram and InstanTel Histogram Combo™ (monitor captures triggered waveforms while recording in Histogram mode)	
Recording Interval	2 to 30 seconds in 1 second increments, and 30 seconds to 30 minutes in 30 second increments	
Histogram Storage Capacity	Approximately 220,000 intervals. Examples: 5 days at 2 second intervals, or 150 days at 1 minute	
Histogram Combo Storage Capacity	Example: 30 Days of Histogram recording at 1 minute intervals, and over 900 1 second waveform events	


Physical Specifications

Dimensions	101.6 x 135.1 x 44.5 mm (4.15 x 5.32 x 1.75 in)	
Weight	0.5 kg (1.1 lbs)	
Battery	10 day rechargeable lithium ion (optional 15 day battery upgrade available)	
User Interface	10 domed tactile keys, colour touch screen, and full display keyboard with dedicated icons for common functions	
Display	QVGA, 320 x 240 color touch screen	
Printer (sold separately)	Precision high-resolution	
PC Interface	USB	
Auxiliary Inputs and Outputs (Optional)	External trigger, Remote alarm	
Environmental		
LCD Operating Temperature	-10 to 55°C (14 to 131°F)	
Operating Temperature Supporting USB Sensors	-40 to 45°C (-40 to 113°F)	
Operating Temperature Without USB Sensors	-40 to 55°C (-40 to 131°F) *NOTE: LCD screen saver must be enabled and set to a maximum time out of 2 minutes.	
Remote Communications	Compatible with these supported modems; Sierra Wireless™ Airlink® Raven Series X, XT, GX400, or LS300	
Electrical Standard	CE Class B - The Micromate has been tested and passed IEC (CB scheme test report available) 61010-1	

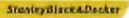
Corporate Office:
309 Legget Drive,
Ottawa, Ontario K2K 3A3
Canada

US Office:
808 Commerce Park Drive,
Ogdensburg, New York 13669
USA

Toll Free: (800) 267 9111
Telephone: (613) 592 4642
Facsimile: (613) 592 4296
Email: sales@instanTel.com




© 2017 Xmark Corporation. InstanTel, the InstanTel logo, Auto Call Home, AutoRecord, Blastmate, Blastware, Histogram Combo, InstaLink, Micromate and Minimate are trademarks or registered trademarks of Stanley Black & Decker, Inc., or its affiliates.

980-721001-000 Rev 11 - Product Specifications are Subject to Change


The World's Most Trusted Monitors — Vibration · Noise · Air Overpressure

www.instanTel.com

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0007	00	


**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Parameter tests in the framework of 3D - Seismik Asse II	Blatt: 118
--	------------

Anhang 5: Kalibrierzertifikat des Messgeräts InstanTEL Micromate S/N UM10492

